

Tuomas Liuksiala

Paineilmatuotannon kehittäminen

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma
2018

PAINEILMATUOTANNON KEHITTÄMINEN

Liuksiala, Tuomas
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2018
Sivumäärä: 43
Liitteitä: 5

Asiasanat: paineilma, instrumentti-ilma, kompressori, työilma

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella Naantalin jalostamon paineilmatuotantoa sekä selvittää paineilman tuottamisen tuotantokustannukset ja investoinnit nykylaitteistolle. Työn tavoitteena oli tunnistaa järjestelmän pullonkaulat ja näiden perusteella tehdä kehitystoimenpiteitä. Tavoitteena oli myös kartoittaa uuden järjestelmän (kompressorit, kuivaimet) mahdollista investointikustannusta sekä ns. air over the fence -ratkaisua.

Työ aloitettiin tutustumalla laitteistoon sekä putkistoihin, ja kuluttajalaitteisiin koko jalostamon alueella. Tämän lisäksi kehityskohteiden kartoittamisessa hyödynnettiin PI-kaavioita sekä mittaustuloksia Nesteen omista järjestelmistä.

Paineilman kulutus ja painetasot selvitettiin tarkastelemalla mittausdataa usean vuoden ajalta. Paineilman tuottamisen energiakulutuksen kustannus selvitettiin mittamalla kompressoreiden sähkötehot. Kunnossapitokustannukset laitteille selvitettiin Nesteen M+-järjestelmästä. Muut kustannukset (henkilöstö, häiriötilanteista aiheutuneet kustannukset) selvitettiin haastatteleamalla ihmisiä sekä Nesteen NRC-järjestelmästä.

Ilman kulutuksen, painetasojen ja paineilmatuotannon kokonaiskustannuksien (n. 276 000 € vuonna 2017) selvittämisen jälkeen eri yrityksiltä pyydettiin ratkaisuja uudesta järjestelmästä ja sen investointikustannuksesta.

Työn tavoite ei toteutunut kokonaisuudessaan, sillä virallista tarjouskyselyä yrityksille ei lähetetty ja näin ollen vertailua nykyisen ja uuden järjestelmän välillä ei voitu toteuttaa. Nykyisen järjestelmän investointikuorma perustuu laitteiden kunnossapitoon, kunnossapitokustannukset ovat kymmeniä tuhansia euroja vuodessa.

Kehityskohteita tunnistettiin mm. työilman kuivaamisen, kompressoreiden, instrumentoinnin, paineilmasäiliöiden, kompressorirakennuksen sekä raportoinnin osalta. Osa kehitystoimenpiteistä voidaan suorittaa laitoksen käynnin aikana, mutta uuden järjestelmän asentaminen voidaan toteuttaa aikaisintaan vuoden 2022 suurseisokissa, jolloin laajamittainen instrumentti-ilmakatkos on toteutettavissa.

DEVELOPMENT OF COMPRESSED AIR PRODUCTION

Liuksiala, Tuomas

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy- and environmental Engineering

April 2018

Number of pages: 43

Appendices: 5

Keywords: compressed air, instrument air, compressor, work air.

The purpose of this thesis was to study the cost of compressed air production at Neste Naantali's refinery and investment cost for current equipment. The purpose was to identify faults in the system and to produce procedures to develop the system. The purpose was also to scan investment cost for the new system and for so called air over the fence system.

The project was started up by studying the system (compressors, pipe lines and appliances). Measurement results and piping and instrumentation diagrams were utilized to search development procedures.

Consumption and pressure levels of compressed air were identified by using measurement data from several years. Energy consumption was identified by measuring electric power from compressors. Maintenance cost for different appliances were identified by using Neste's M+system. Other cost (personnel, cost from failure situations) were identified by interviewing personnel and from Neste's NRC-system.

After identifying consumption, pressure levels and total cost (276 000 € in 2017), solutions and investment costs were requested from different companies.

The objective of this thesis was not completely realized. Official invitation for bids were not sent, so the comparison between current and new system could not be implemented. For the current system investment costs are mainly maintenance costs, they are tens of thousands euros in a year.

As development areas following procedures were identified: drying of work air, instrumentation, compressed air tanks, compressor building and reporting. Part of these procedures can be carried out during the operating time of refinery but installation of the new system can be carried out in 2022 when there is a shutdown at Naantali's refinery and instrument air break can be implemented.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	PAINEILMAN TUOTTAMINEN	8
2.1	Yleistä	8
2.2	Kompressorit.....	9
2.2.1	Ruuvikompressori.....	10
2.2.2	Mäntäkompressori	10
2.3	Paineilman jälkikäsittely	11
2.3.1	Jäähdytyskuivain	11
2.3.2	Adsorptiokuivain	12
2.4	Paineilmasäiliö.....	13
2.5	Paineilmajärjestelmän suunnittelu	14
2.6	Energiatehokkuuden parantaminen.....	15
3	NESTE OYJ	17
3.1	Neste yleisesti	17
3.2	Naantalin Jalostamo	17
4	PAINEILMAN TUOTTAMINEN NAANTALIN JALOSTAMOLLA.....	18
4.1	Paineilmaverkko	18
4.1.1	Instrumentti-ilmaverkko	18
4.1.2	Työilmaverkko	20
4.1.3	Työilmaverkon jäätyminen.....	20
4.2	Laitteisto	21
4.2.1	Kompressorit	22
4.2.2	Paineilman jälkikäsittely	23
5	PAINEILMAN KULUTUS	26
6	PAINEILMAN TUOTTAMISEN KUSTANNUKSET.....	30
6.1	Energiakustannukset	30
6.2	Kunnossapitokustannukset.....	33
6.3	Henkilöstö	34
6.4	Häiriötilanteiden aiheuttamat kustannukset	34
6.5	Kokonaiskustannukset	34
7	VAIHTOEHDOT PAINEILMAN TUOTTAMISELLE	36
7.1	Air over the fence.....	36
7.2	Laitteiden modernisointi	37
8	KEHITYSKOhteet	38
8.1	Työilma	38

8.2	Instrumentointi	39
8.3	AB-217 (kompressorihalli)	39
8.4	Kompressorit	40
8.5	Paineilmasäiliöt	40
8.6	Dokumentointi	40
9	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	

KÄYTETYT LYHENTEET

bar (abs.)	Absoluuttinen paine, mittaripaine+ 1,01325 bar
bar (g)	Mittaripaine, painemittarin osoittama paine, bar
FD	Suodatin (Neste laitteiden kirjaintunnusstandardi)
FX	Säiliö (Neste laitteiden kirjaintunnusstandardi)
GB	Kompressori (Neste laitteiden kirjaintunnusstandardi)
KARP	Kaasuöljyn rikinpoistoyksikkö
KBK	Kevytbensiininkäsittely-yksikkö
kWh	Kilowattitunti
MWh	Megawattitunti
Nm ³	ISO 1217 standardin mukainen kuutiometri ilmaa
OQD-ohje	Nesteen laatukäsikirjan ohje
PA	Ilmankuivain (Neste laitteiden kirjaintunnusstandardi, erikoislaite)
Ref	Reformointiyksikkö
RT2	Raakaöljytislausyksikkö 2
TA2017	Naantalin suurseisokki (Turn Around) syksyllä 2017
TCC	Lämpökrakkausyksikkö
TL5	Tuotantolinja 5 (Naantalin jalostamo)

1 JOHDANTO

Nesteen Naantalin jalostamolle paineilmantuotanto on kriittinen osa jalostusprosessia, paineilmatuotannon täytyy olla luotettavaa ja tasaista ympäri vuoden. Jalostamon paineilmatuotannon laitekanta vanhentuu ja ei vastaa enää nykypäivää. Laitteiden huoltokustannukset kasvavat vuosi vuodelta ja laitteiden säädettävyys on heikkoa. Työilmaa ei kuivata jalostamolla, mikä aiheuttaa murheita kylmillä keleillä. Näistä syistä on mietittävä uusia vaihtoehtoja tuottaa paineilmaa tulevaisuudessa.

Tämän työn tavoitteena oli tarkastella paineilmajärjestelmän toimintaa ja investointikuormia nykylaitteistolle. Tavoitteena oli myös selvittää kustannustehokkain ja käytövarmin tapa tuottaa paineilmaa tulevaisuudessa. Opinnäytetyössä selvitettiin uusien laitteiden hankintaa sekä paineilmatuotannon ulkoistamista.

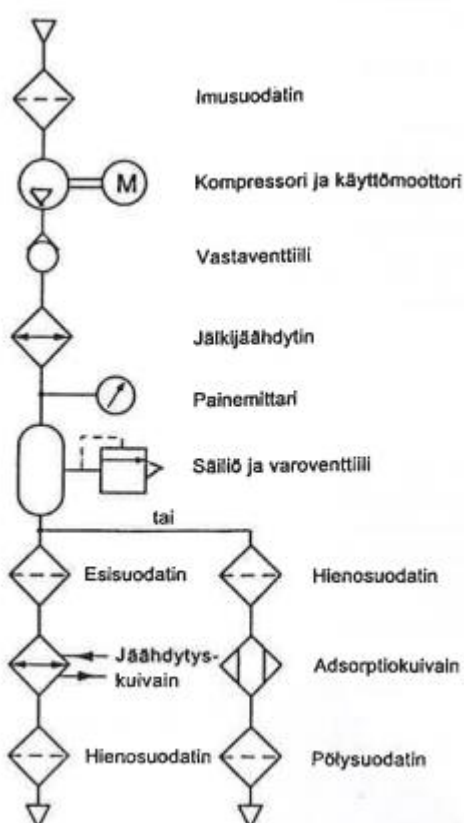
Työn tavoitteena oli myös tunnistaa järjestelmän pullonkaulat ja tuottaa kehitysehdotuksia nykyisen paineilmajärjestelmän parantamiseksi. Uuden järjestelmän käyttöönotto tapahtuu aikaisintaan vuonna 2022, joten vanhan järjestelmän kehityksellä voidaan parantaa luotettavuutta sekä energiatehokkuutta.

2 PAINEILMAN TUOTTAMINEN

2.1 Yleistä

Paineilmajärjestelmä muodostuu keskuslaitteistosta, verkostosta ja kuluttajalaitteistosta. Keskuslaitteistoon kuuluvat kompressorit, säiliöt, suodattimet, jäähdyttimet, lauhteenpoisto ja näiden automatiikka, kuva 1. Verkosto on kiinteä putkisto ja kuluttajalaitteet erilaisia venttiilejä, työkaluja, ejektoreja jne.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään paineilmajärjestelmän perusteita sekä järjestelmän suunnitteluun vaikuttavia asioita.

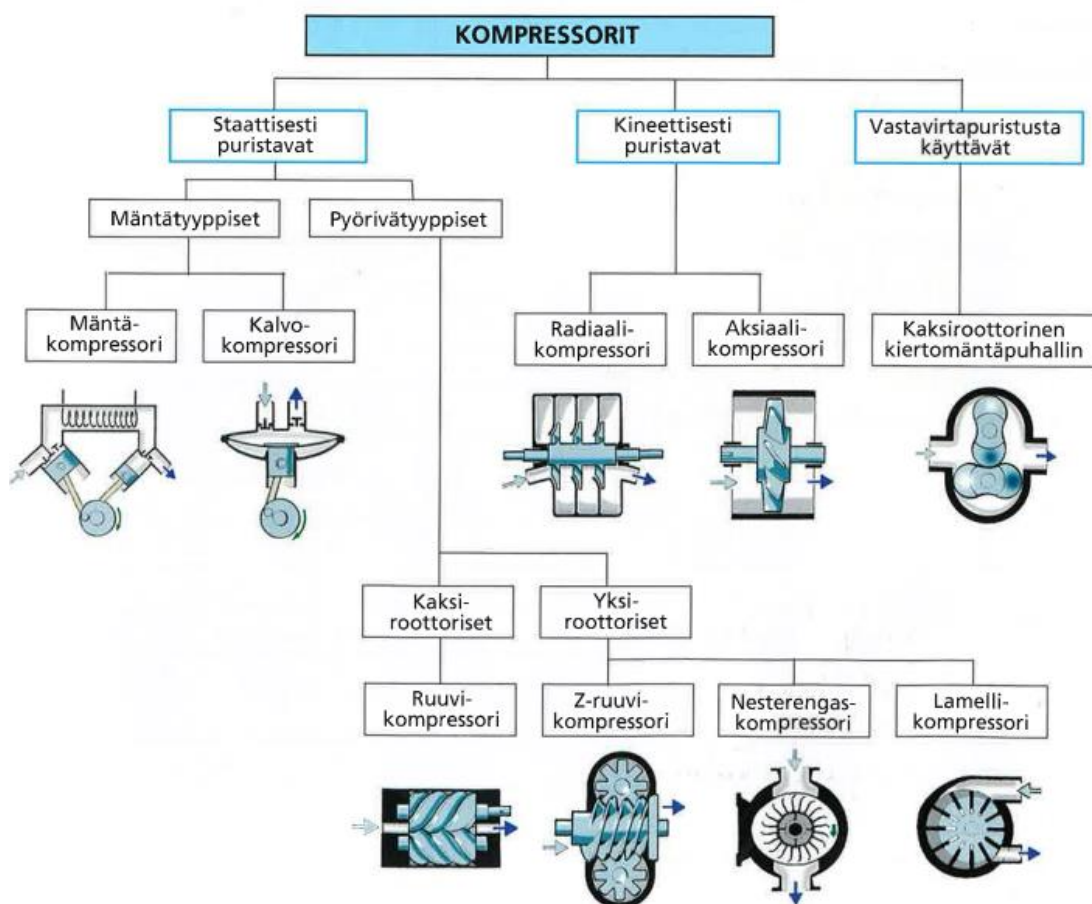


Kuva 1. Paineilmajärjestelmän kaaviokuva (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 24)

2.2 Kompessorit

Kompessori on laite, joka nostaa kaasun painetta vähintään kaksinkertaiseksi imupaineeseen verrattuna puristustyöllä. Kompessorin puristus on yksivaiheinen, jos toimitaan pienellä paineilla. Korkeammissa paineissa puristus voi olla kaksi- tai kolmevaiheinen, jotta lämpörasituksilta välttyttäisiin. Puristuksen jälkeen ilmaa jäähdytetään kompressorin jälkijäähdyttimellä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 26)

Kompessorit voidaan jaotella puristustavan mukaan staattisesti puristaviin, kineettisesti puristaviin ja vastavirtapuristusta käyttäviin kompressoreihin, kuva 2. Nykyisin yleisimmät kompressorityypit ovat ruuvi-, mäntä ja lamellikompessorit.



Kuva 2. Kompessorien sukupuu (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 26)

2.2.1 Ruuvikompressor

Ruuvikompressorissa puristus tapahtuu ruuvi- ja luistiroottorin väliin jäävissä urissa. Ruuvit puristavat ilmaa tasaisesti ja näin ollen tuotettu paineilma on sykkeetöntä. Ruuvikompressorit voivat olla öljyvoideltuja tai öljyvapaita. Öljyvoidelluissa kompressoreissa roottorit voivat koskettaa toisiaan, öljyvapaissa kompressoreissa roottoreita pyöritetään hammaspyöräkäytöllä ja ne eivät kosketa toisiaan. Öljytöntä paineilmaa tuottava kompressor ei tarvitse öljysuodattimia, jolloin voidaan käyttää alempia paineita. Öljytöntä paineilmaa tuottavat ruuvikompressorit ovat kuitenkin hankintahinnaltaan melko kalliita. Ruuvikompressorin tuoton säätö voidaan tehdä kuristamalla imuvirtausta, pysäytys-käynnistys-automaatiikalla, sähkömoottorin taajuusohjauksella tai ns. minimikierrolla. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 26–27; Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

2.2.2 Mäntäkompressor

Mäntäkompressor on vanhin kompressorityyppi ja sillä on laaja käyttöalue (1-1000 bar). Mäntäkompressor toimii kuin auton sylinteri, ilma imetään sylinteriin imuventtiilin kautta ja puristetaan kasaan. Tämän jälkeen ilma siirtyy joko seuraavaan puristusvaiheeseen tai ilmasäiliöön. Venttiilien lämmönkesto ei kuitenkaan ole kovinkaan korkea ja ajan myötä venttiilit ja männänrenkaat kuluvat. Mäntäkompressoreissa jäähdytysöljyn laatu ja huollon tarve ovat ratkaisevassa asemassa kompressorin käyntiikää tarkasteltaessa. Mäntäkompressorien huolto on haastavaa ja tästä syystä ruuvikompressorit ovat syrjäyttäneet mäntäkoneet teollisuuden paineilmatuotannossa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 28; Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

2.3 Paineilman jälkikäsittely

Kompressorin imuilma sisältää kosteutta, joka saattaa aiheuttaa ongelmia paineilma-järjestelmässä. Kun ilmaa puristetaan korkeampaan paineeseen ja jäähdytetään, saavuttaa paineilma kastepisteen, jonka seurauksena tiivistyy nestemäistä vettä. Öljyjäähdytteisistä kompressoreista johtuu myös öljyä paineilmaan, lisäksi putkistoista irttoa pieniä hiukkasia korroosion ja kulumisen seurauksena. Tästä syystä paineilma täytyy erottaa vesi, öljy ja erilaiset partikkelit. Paineilmaa jäähdytetään ensisijaisesti kompressorien jälkijäähdyttimillä, sekä paineilmasäiliöissä. Näissä tapahtuu myös veden erottumista. Öljyä ja pölyhiukkasia erotetaan erilaisilla suodattamilla. Paineilman puhtauden arvioimiseen käytetään ISO 7583.1 laatuluokitusta. (Tamrotor kompressorit Oy)

Tuotetun paineilman mitoituskastepiste määritellään ilmaa käyttävien laitteiden ja prosessien mukaisesti. Mikäli käyttölaitteet ja putket sijaitsevat kylmissä tiloissa tai ulkona, tulee kastepisteen olla alhainen, jotta vältetään kosteuden tiivistymisestä putkistoihin. Pääperiaatteena on, että paineilmaverkossa on joko jäähdytyskuivain tai adsorptiokuivain. Jäähdytyskuivain riittää verkostoihin, jotka ovat lämmitetyissä tiloissa. (Tamrotor kompressorit Oy; Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

2.3.1 Jäähdytyskuivain

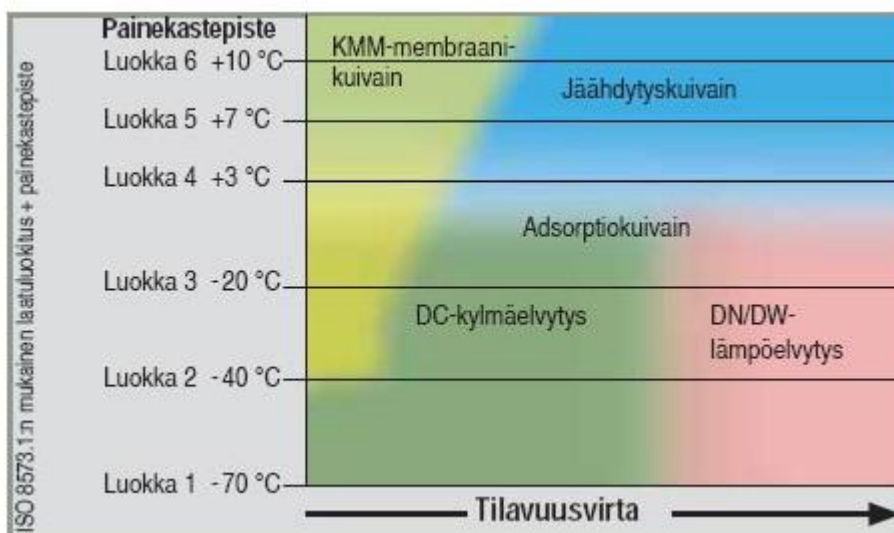
Jäähdytyskuivain riittää verkostoihin, jotka ovat lämmitetyissä tiloissa. Jäähdytyskuivaimessa on jäähdytyskompressori ja yleensä vastavirtatoiminen lämmönsiirrin. Ilma jäähdytetään noin kahteen celsiusasteeseen kylmäkoneiston avulla ja siitä poistetaan tiivistynyt vesi. Jäähdyttämisen jälkeen ilma lämmitetään lähelle huoneilman lämpötilaa lämmönsiirtimessä. Jäähdytyskuivaimen energiankulutus on noin 2 % paineilman tuottamisen energiankulutuksesta. (Tamrotor kompressorit Oy; Keinänen & Kärkkäinen 2005, 36)

2.3.2 Adsorptiokuivain

Adsorptiokuivain sopii kuivaimeksi silloin, kun ilmaa tarvitaan alhaisissa lämpötiloissa tai jos paineilman lämpötila laskee suuren virtausnopeuden takia, kuva 3. Adsorptiokuivaimessa ilma kulkee vettä sitovan aineen läpi (mm. silicageeli), joka poistaa tehokkaasti vesihöyryä ilmasta. Adsorptiokuivaimella saavutetaan kastepiste välillä $-30...-70\text{ °C}$. Adsorptiokuivaimessa on kaksi kuivaustornia, joista toinen on käytössä ja toinen elvytyksessä tai varalla. Adsorptiokuivaimet ovat joko lämpöelvytteisiä tai paineilamalla elvytettäviä. Energiankulutuksen kannalta lämpöelvytteinen kuivain on energiataloudellisempi. (Tamrotor kompressorit Oy; Keinänen & Kärkkäinen 2005, 37)

Adsorptiokuivain voi toimia joko aikaohjauksella tai kastepistesäädöllä.

Adsorptiokuivaimen automatiikan tulisi perustua kastepistesäätöön eli ilmaa kuivataan vain silloin kun on tarve. Tällä menetelmällä voidaan saavuttaa jopa 70–90 %:n säästö energiankulutuksessa. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)



Kuva 3. ISO 8573.1:n mukainen laatuluokitus + painekastepiste (Kaeserin www-sivut 2018)

2.4 Paineilmasäiliö

Paineilmasäiliötä käytetään ilman varastointiin ja painepulssien vaimentamiseen. Säiliön tärkein tehtävä on ehkäistä kompressorin käynnistys-, kevennys- ja pysäytysjaksojen tiheää taajuutta. Energiatalouden kannalta pitkä ja tasainen käynti on optimaalisin tilanne, sillä se ehkäisee laiterikkoja ja vähentää kompressorin tyhjäkäyntiaikaa. Säiliön sijoittaminen ulos on kannattavaa, sillä silloin säiliö toimii myös ilman jäädyttimenä. Tässä tapauksessa säiliön tulee olla valmistettu kylmäkestävästä teräksestä ja lauhteenpoistimessa on oltava saattolämmitys. Jotta vesi sekä epäpuhtaudet erottuisivat ja ilma jäähtyisi paremmin, tulisi säiliön olla läpivirtaustyyppinen. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

Kompressorin automatiikka vaikuttaa säiliön minimiutilavuuteen. Mitä pienempi on kompressoreiden käynnistys- ja tyhjäkäyntipaineen välinen eroalue, sitä suurempaa säiliötä tarvitaan. Käytännössä säiliöt eivät voi olla koskaan liian suuria. Taulukossa 1 on havainnollistettu säiliön kokovaatimus suhteessa sallittuun paineen vaihteluun. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja). Paineilmasäiliön minimiutilavuus kuutiometreinä voidaan määrittää myös seuraavalla kaavalla: (Sarlinin www-sivut 2018)

$$V_{min,säiliö} = \frac{\text{tasaavan kompressorin tuotto } (\frac{m^3}{min})}{4}$$

Jos kompressorin tuottoa säädetään kuristamalla tai taajuusmuuttajalla, säiliötä ei tarvita. Tällöin kompressorin tuottoa säädetään koko ajan vastaamaan verkoston painetta. (Tamrotor kompressorit Oy)

Taulukko 1. Kompressorin täysautomaattiseen 2-pisteohjaukseen tarvittava tyypillinen säiliötilavuus eri paineen vaihteluilla (Tamrotor kompressorit Oy)

Kompressorin tuotto m ³ /min	Sallittu paineen vaihtelu (bar)			
	0.25	0.5	1	2
	Tarvittava säiliön koko m ³			
0.5	0.2 - 0.5	0.1 - 0.3	0.05 - 0.15	0.03 - 0.1
1	0.4 - 1.0	0.2 - 0.5	0.1 - 0.3	0.05 - 0.15
1.5	0.5 - 2	0.3 - 1	0.15 - 0.5	0.1 - 0.25
2	0.75 - 2.0	0.4 - 1.0	0.2 - 0.5	0.1 - 0.3
3	1.0 - 3	0.5 - 1.5	0.3 - 0.75	0.15 - 0.5
4	1.5 - 4	0.75 - 2	0.4 - 1.0	0.2 - 0.5
6	2 - 6	1 - 3	0.5 - 1.5	0.3 - 0.75
8	3 - 8	1.5 - 4	0.75 - 2.0	0.4 - 1.0
10	4 - 10	2 - 5	1 - 3	0.5 - 1.5
15	6 - 15	3 - 8	1.5 - 4	0.75 - 2.0
20	8 - 20	4 - 10	2 - 5	1 - 3
30	10 - 30	5 - 15	3 - 8	1.5 - 4
50	20 - 50	10 - 25	5 - 15	2.5 - 8

2.5 Paineilmajärjestelmän suunnittelu

Kompressorilaitosta tai uusien kompressoreiden hankkimista suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavat asiat: verkoston paine, maksimikulutus, kulutuksen vaihtelu, tarvittava minimipaine, paineilman saatavuuden merkitys, paineilman laatuvaatimus, kastepiste, käyttöolosuhteet, mahdollinen lämmöntalteenotto, automatiikka ja valvonta sekä kustannukset. (Tamrotor kompressorit Oy)

Tyypillisesti paineilma-verkon paine on 7 baaria. Järjestelmän minipaineen määrittävät siihen liitetyt toimilaitteet. Paineilman tarve määrittyy ilman kulutuksesta, suunnittelussa voidaan käyttää ylimerkintäprosentina esim. 10–20 prosenttia. Paineilman saatavuuden merkitys korostuu teollisuudenaloilla, joissa tuotantolaitoksien toiminta voi keskeytyä, jos paineilmaa ei ole saatavilla. Näissä tapauksissa varakompressoreiden hankinta on välttämätöntä.

Kompressorin tulisi mitoittaa siten, että se tuottaa ilmaa kulutuksen verran. Jos kulutus on tasaista ympäri vuoden, mitoitus on suhteellisen helppoa.

Kompressorien käyttöolosuhteet tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Ilmajäähdytteinen kompressor lämmittelee ympärillä olevaa ilmaa lähes samalla teholla kuin on sen sähkömoottorin ottoteho. (Sarlinin www-sivut 2018)

2.6 Energiatehokkuuden parantaminen

Paineilmakompressorit käyttävät teollisuuden sähköenergiasta 3-12 prosenttia. Yhden paineilmakuutiometrin puristaminen 7 baarin paineeseen kuluttaa sähköä noin 0,1 kWh. Kaikissa paineilmajärjestelmän osissa on merkittäviä säästömahdollisuuksia. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

Paineilmajärjestelmien vuodolta ei voida välttyä. Vuodot vaihtelevat kulutuslaitteiden määrän, iän ja luonteen mukaan. Myös kiinteässä verkostossa voi esiintyä vuotoja. Yleisesti järjestelmien mitoituksessa varaudutaan 10 %:n vuotoon. Verkoston vuoto-kartoitus tulisi tehdä muutaman vuoden välein, jolloin ilman tuhlaukselta välttyttäisiin. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

Paineilman tuotannossa kompressorin osuus energian käytöstä on yli 90 prosenttia. Modernien ohjaustekniikoiden avulla voidaan kompressorien toimintapainetta sopeuttaa vastaamaan kulutusta. Ohjaustekniikoiden avulla kompressorien pysäytys- ja käyntipaineet saadaan optimoitua pienelle alueelle ja näin ollen verkon paine pysyy tasaisena. Optimointi vaatii nykyaikaisia mittauksia ja ohjausjärjestelmiä, tällainen on esimerkiksi Sarlin Balance-ohjausjärjestelmä. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

Kompressorin käyntipaineen lasku pienentää energiankulutusta. Kymmenen prosentin käyntipaineen lasku pienentää energiankulutusta noin 3 prosenttia. Paineen lasku kompressorilla voi johtaa ilman kulutuksen suureen nousuun, jos paine käyttöpäässä laskee liikaa. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

Lämmöntalteenotolla voidaan parantaa kompressoreiden kokonaishyötysuhdetta. Jäähdytysilman lämpöenergiaa voidaan käyttää läheisten tilojen lämmittämiseen. Taulukossa 2 on nähtävillä lämpövirtojen jakaantuminen kompressorissa.

Taulukko 2. Lämpövirtojen jakaantuminen kompressorissa (Tamrotor kompressorit Oy)

Lämmön tuottolähde	Ilmajäähdytteinen kompressori	Vesijäähdytteinen kompressori
Öljynjäähdytin %	74	77
Jälkijäähdytin	18	20
Säteilylämpö%	4	3
Paineilmaan jäänyt lämpö %	4	0

Vesijäähdytteissä kompressoreissa voidaan ottaa veteen sitoutunut lämpöenergia talteen jatkoprosesseissa. Jäähdytysvettä voidaan käyttää prosessin käyttöveteen, kaukolämmön paluuveden lämmittämiseen, höyrykattilan lisäveden lämmittämiseen sekä kuivaimen elvytyslämmöksi. Öljytiivistetyissä ruuvikompressoreissa siirtyy veteen lämpöenergiana akselille syötetystä energiasta 80–94 prosenttia. Kompressoreiden jäähdyttäminen kunnan vesijohtovedellä ei ole taloudellisesti kannattavaa, mikäli veden lämpöenergiaa ei hyödynnetä jatkoprosesseissa. (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja)

3 NESTE OYJ

3.1 Neste yleisesti

Neste valmistaa tärkeimpiä öljytuotteita ja on maailman johtava uusiutuvan dieselin toimittaja. Nesteellä on tuotantoa neljässä eri maassa: Suomi, Hollanti, Singapore ja Bahrain. Porvoossa, Rotterdamissa ja Singaporessa valmistetaan uusiutuvia tuotteita, Naantalissa ja Porvoossa raakaöljypohjaisia tuotteita. Neste omistaa osan Bahrainissa perusöljyä tuottavasta laitoksesta.

Nesteen strategiaan kuuluu globaali kasvu uusiutuville tuotteille sekä olla Itämeren johtava toimija. Nesteen liiketoiminta-alueisiin kuuluvat öljytuotteet, uusiutuvat tuotteet ja marketing & services. Uusiutuvat tuotteet ovat merkittävässä roolissa Nesteen liiketoiminnassa, vuonna 2017 iso osa Nesteen tuloksesta tuli uusiutuvista tuotteista. (Nesteen www-sivut 2018)

3.2 Naantalin Jalostamo

Naantalin jalostamo on aloittanut toimintansa vuonna 1957, minkä jälkeen jalostamoa on laajennettu vuosien varrella. Kokonaispinta-alaa jalostamolla on noin 300 hehtaaria käsittäen prosessialueen, kolme säiliöaluetta raaka-aineiden ja tuotteiden varastointiin, öljysataman sekä auto- ja rautatieterminaalien.

Naantalin jalostamo keskittyy korkealaatuisten öljytuotteiden valmistukseen, joita ovat mm. öljy-, bitumi- ja liuotintuotteet. Säättämällä prosessiyksiköiden olosuhteita tuotteet jalostetaan halutuiksi tuotteiksi. Valmiit tuotteet valmistetaan säiliöalueella eri komponenttien seoksina. Naantalin jalostamo on tuotannossa ympäri vuoden lukuun ottamatta viiden vuoden välein pidettävää suurseisokkia. (Aluehallintavirasto Länsi-Suomi, 2018, 11-19)

Konfiguraatiomuutoksen jälkeen Naantalin Jalostamo lasketaan yhdeksi Suomen tuotantolinjaksi (TL5). Muut neljä tuotantolinjaa sijaitsevat Porvoon jalostamolla.

4 PAINEILMAN TUOTTAMINEN NAANTALIN JALOSTAMOLLA

4.1 Paineilmaverkko

Paineilmaverkko koostuu instrumentti- sekä työilmaverkosta. Instrumentti-ilmaverkko käsittää koko Naantalın jalostamon alueen: prosessialue, säiliöalueet, satama ja terminaali.

Ilmaverkot on suunniteltu niin, että ne voivat olla yhdessä tai erillään. Opinnäytetyötä tehtäessä verkot olivat ilmamäärän tarpeesta johtuen yhdessä, jolloin kahdella kompressorilla voitiin tuottaa kokonaisilmamäärän tarve.

Taulukossa 3 on Nesteen spesifikaatiot instrumentti- ja työilmasuunnitteluun. Taulukossa on kuvattu minimi-, normaali- ja maksimiarvot paineilman paineelle, lämpötilalle ja kastepisteelle. Mechanical tarkoittaa arvoa uudelle laitteelle. Normaaliarvot pätevät vain, jos instrumentti- ja työilmaverkko on erotettu toisistaan.

Taulukko 3. Neste spesifikaatio

INSTRUMENT AIR

	Min	Normal	Max	Mechanical
Pressure, kPa (abs)		600	700	900
Temperature, °C		Ambient		55
Dew point, °C		-50		

PLANT AIR

	Min	Normal	Max	Mechanical
Pressure, kPa (abs)		900	1100	1200
Temperature, °C		Ambient		100
Dew point, °C		Ambient		

4.1.1 Instrumentti-ilmaverkko

Instrumentti-ilmaa käyttävät eri toimilaitteet esim. säätö- ja hätäsulkuventtiilit, uunien polttimet ja muut instrumenttilaitteet. Instrumentti-ilma kuivataan kastepisteohjatulla adsorptiokuivaimella, jonka avulla ehkäistään kosteuden tiivistyminen verkostossa. Instrumentti-ilmaverkossa on oltava minimipaine, jotta toimilaitteet eivät mene turvasentoon. Jotta venttiilien toimivuus voidaan taata, on verkon paineen oltava vähintään 4 bar (g) (Kaerala sähköposti 30.1.2018). Instrumentti-ilmaverkon runkolinjoissa on

vain muutamia etävalvottavia mittauksia, RT2- ja KARP-yksiköissä, liite 5. Nämä mitaustiedot tulevat PTK-näytölle, jota käyttöhyödykkeen operaattorit tarkkailevat. Pääosin verkoston painetta pystytään seuraamaan paikallisilla painemittareilla, tosin osanäistä mittareista ei ole toiminnassa. Instrumentti-ilmaa käyttävät laitteet ja venttiilit testataan jalostamon korjaamolla kuuden baarin paineella.

Instrumentti-ilmaverkko on pääosin suora. Prosessialueella on jonkin verran rengasmaista verkkoa mutta sielläkin verkko on pääosin suoraa. Pääosin verkko on vanhaa ja varsinkin paineilman jakeluputket ovat halkaisijaltaan pieniä (1,5-2 tuumaa), mikä lisää painehäviötä putkistossa. Verkoston paineen pudotus ei saisi olla yli 0,1 baaria oikein mitoitetussa verkostossa (Motiva, Energiakatselmoijan käsikirja). Taulukosta 4 voidaan kuitenkin huomata, että paineen pudotus on merkittävä instrumentti-ilmasäiliöltä prosessiyksiköiden mittauspisteisiin. Instrumentti-ilmaputken pituus ilmasäiliötä RT2-mittauspisteeseen on noin 400 metriä, Karp-mittauspisteeseen noin 600 metriä. Instrumentti-ilmaverkon runkolinjat prosessialueella on kuvattu liitteessä 2.

Taulukko 4. Instrumentti-ilmaverkon paine eri mittauspisteissä (kuukausikeskiarvo)

Instrumentti-ilmaverkon paineet kPa (g)			
	PI_1044 Instrumentti- ilmasäiliö	PIA_1220 RT2 mittauspiste	PIA_3953 KARP mittauspiste
1.1.2017	703,3	535,4	653,4
1.2.2017	701,1	534,0	650,3
1.3.2017	694,9	533,3	646,1
1.4.2017	702,3	543,2	655,9
1.5.2017	703,2	543,8	657,8
1.6.2017	677,1	518,0	629,9
1.7.2017	699,4	545,2	653,5
1.8.2017	681,8	524,0	628,1
1.9.2017	698,2	637,6	679,1
1.10.2017	699,4	644,7	678,3
1.11.2017	686,1	610,2	657,8
1.12.2017	705,5	639,4	684,9
1.1.2018	713,9	642,1	688,3

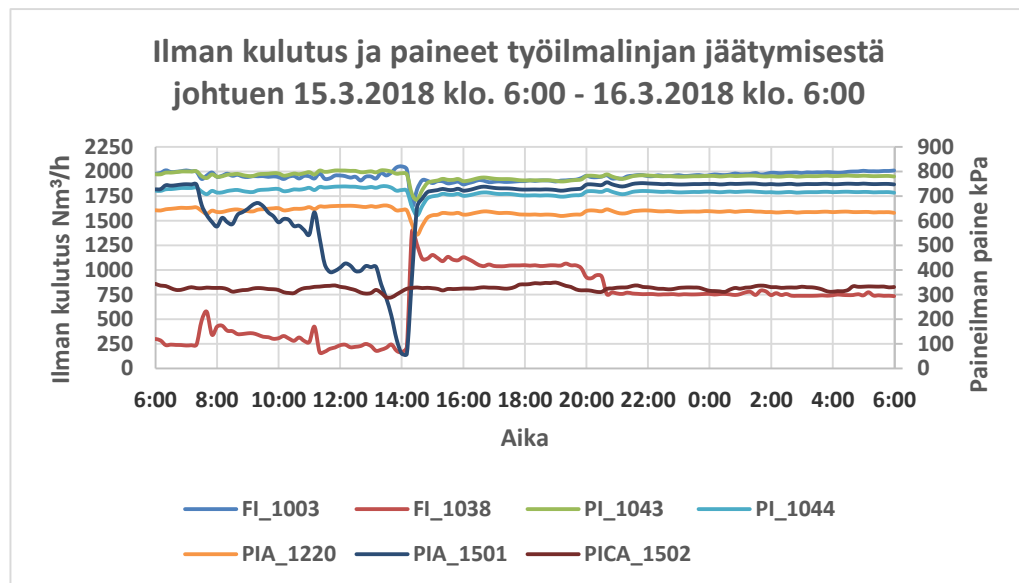
Häiriötilanteessa, jossa instrumentti-ilmanverkon paine alkaa pudota, voidaan verkon painetta ylläpitää syöttämällä verkkoon typpeä. Tämän kaltaiset häiriöt ovat kuitenkin harvinaisia.

4.1.2 Työilmaverkko

Työilmaa käytetään erilaisissa kohteissa mm. yksikköhuolloissa työkalujen toimintaan, jätevesilaitoksen dispersioilmana sekä kevytbensiininkäsittely-yksikön hiilitornissa. Työilman minimipaine on noin 4 bar (g). Paine ei saa olla kuitenkaan alempi kuin KBK-yksikön hiilitornien paine. Jos työilman paine laskee alle hiilitornien paineen, on vaarana hiilivetyjen kulkeutuminen työilmalinjaan. Työilmalinjojen kartoitus on tehty vuonna 2012, ja sen tuloksena työilmaverkko suljettiin alueille, jossa ei ole työilman tarvetta. (Torikka 2013,33)

4.1.3 Työilmaverkon jäätyminen

Työilmaverkossa oli jäätymisongelmia 12.3–18.3.2018. Pahin tilanne koettiin 15.3 jolloin työilmaverkko jäätynyt kokonaan. Kuviosta 1 voidaan havaita sykäyksiä työilmankulutuksessa aamulla. Samaan aikaan KBK-yksikön työilman paine lähti laskuun. Noin kello 13 tuli hälytys alhaisesta paineesta, minkä jälkeen työilmalinjaan lisättiin isopropanolia ja työilmaverkon ulospuhallutuksia avattiin prosessissa sekä käyttöhyödykkeellä. Tämän jälkeen aloitettiin työilmalinjan höyrytys eri kohteissa. Koska kohdetta, jossa jäätyminen oli muodostunut, ei löydetty nopeasti, KBK-yksikön hiilitornien paine ylitti työilman paineen noin puoleksi tunniksi. Kun työilmalinja oli saatu höyrytettyä auki, työ- ja instrumentti-ilman kulutus nousi nopeasti. Samalla verkon paineet heilahtivat alaspäin. Paineen heilahtelu ei kuitenkaan aiheuttanut häiriötä prosessissa eikä hiilivetyjä päässyt työilmalinjaan.



Kuvio 1. Työilmalinjan jäätyminen

Alla olevassa taulukossa on tarkentimet mittauspisteille, kuvioon 1 liittyen.

Mittaus	Tarkenne	Yksikkö
FI_1003	Instrumentti-ilmankulutus	Nm ³ /h
FI_1038	Työilman kulutus	Nm ³ /h
PI_1043	Työilman paine	kPa
PI_1044	Instrumentti-ilman paine	kPa
PIA_1220	Instrumentti-ilman paine RT2	kPa
PIA_1501	Työilman paine KBK	kPa
PICA_1502	Kolonnin paine KBK	kPa

4.2 Laitteisto

Paineilman tuottamiseen kuuluva laitteisto koostuu kompressoreista ja paineilman jälkikäsittelystä, kuva 4.



Kuva 4. Instrumentti-ilmakompressori GB1001 (vas.), työilmakompressori GB1008S ja adsorptiokuivain PA1011 (oik.)

4.2.1 Kompressorit

Paineilman tuottamiseen on käytössä neljä ruuvikompressoria ja yksi dieselkäyttöinen kompressori, joiden tekniset tiedot ovat taulukossa 5. Käytännössä GB1001:ä, joka on ensisijainen instrumentti-ilmaa tuottava kompressori, pyritään kuormittamaan täydellä kuormalla. GB1001 on täysin öljytöntä paineilmaa tuottava kompressori. Muut ruuvikompressorit ovat öljyvoideltuja. GB1008 ja GB1008S tuottavat työilmaa mutta ilma-verkkojen ollessa yhdessä osa kompressorin tuotosta ohjautuu instrumentti-ilma-verkkoon. Tällöin työilmakompressoreja säädetään tuottamaan ilmaa siten, ettei GB1001 mene kevennykselle. GB1008S on ilmajäähdytteinen kompressori, jonka operoinnissa on ollut haasteita, sillä kompressorin lämmöt nousevat ylärajalle, kun ympäröivän ilman lämpötila kohoaa kesäkuukausina.

Taulukko 5. Kompressorien tekniset tiedot

Kompressorien tekniset tiedot					
	GB1001	GB1001S	GB1008	GB1008S	GB1025 (diesel)
Merkki	Atlas Copco ZR4 A	Tamrock 1250EWNA	Tamrock 1250EWNA	Tamrotor S90	Hollmann RO 60 P MK2
Valmistusvuosi	1971	1985		1996	
Normaali työpaine bar (g)	7	7	7	7	7
Tuotto normaalipaineella (m³/h)	2100	2130	2130	972	1020
Max. työpaine bar (g)	8,8	8	8	7,5	7,7
Sähkömoottorin teho (kW)	250	250	250	90	
Jäähdytys	Vesi	Vesi	Vesi	Ilma	

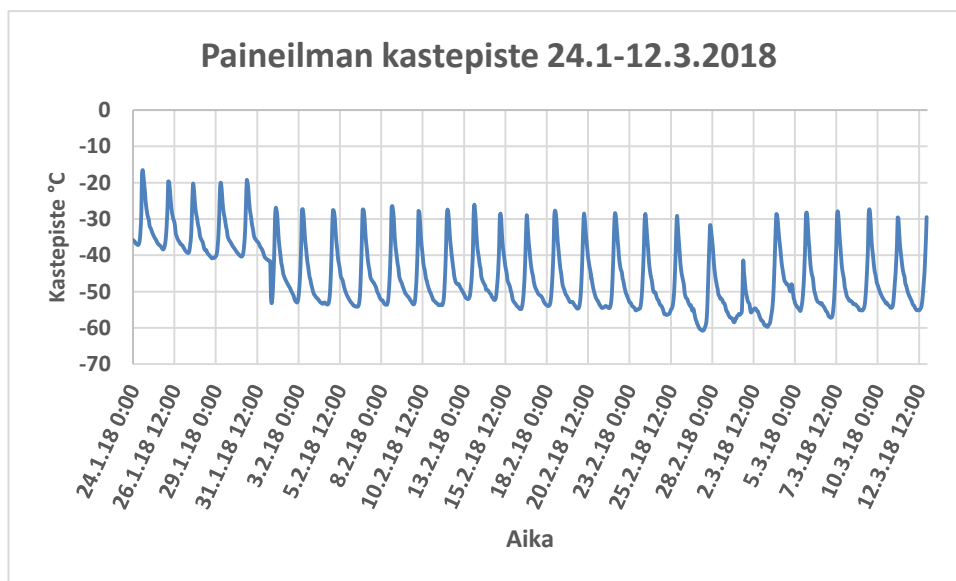
Dieselkäyttöinen kompressori koekäytetään viikoittain mutta käytännössä sen tuotto ei riitä turvaamaan tilannetta, jossa ruuvikompressorit sammuvat.

Kompressorit ovat vanhoja ja tästä syystä niiden kunnossapitoon liittyvät kustannukset ovat merkittäviä. Toisaalta kompressorit ovat suhteellisen luotettavia eikä niissä ole havaittavissa suuria värinöitä. Nesteen konetarkastajan arvion mukaan kompressorit tulevat kestäämään vielä vuosia (Aalto sähköposti 23.1.2018).

4.2.2 Paineilman jälkikäsittely

Instrumentti-ilma virtaa kompressorilta öljynerottimen FD-1036 kautta adsorptiokuivaimeen PA-1011, josta pölyerottimen FD-1037 kautta säiliöön FX-1002. Liitteessä 1 on esitetty PI-kaavio paineilman tuottamisesta. Säiliön tilavuus on vain 3,8 m³, joka on ns. puskurivarastona riittämätön. Jos säiliön minitilavuus määritetään Sarlinin-kaavalla (kts. sivu 13), säiliön minitilavuus tulisi olla noin 9 m³. Tasaavan kompressorin tuottona on käytetty arvoa 2100 m³/h \approx 35 m³/min (GB1001 maksimi ilmantuotto).

Instrumentti-ilma saavuttaa parhaimmillaan noin -60 °C kastepisteen, tämän jälkeen kastepiste alkaa nousta. Kun kastepiste on noussut noin -30 celsiusasteeseen, kuivain vaihtaa adsorptiokammiota ja toinen puoli siirtyy elvytysvaiheeseen. Kuivain vaihtoi adsorptiokammiota noin keskimäärin 45 tunnin välein tarkasteluajanjakson aikana, kuvio 2. Valmistajan (Tamrotor) käyttöohjeen mukaan kuivausvaiheen kesto on 6-48 tuntia, aikaohjauksella 6 tuntia, kastepisteohjauksella kastepisteen vaihtorajaan asti tai, kun kuivausvaihe on kestänyt 48 tuntia. Valmistajan ohjeen mukaan tarkasteltuna kuivaimen voidaan olettaa toimivan erittäin hyvin.



Kuvio 2. Paineilman kastepiste

Instrumentti-ilman painehäviö välillä kompressorin (GB1001)- FX-1002 on keskimäärin 0,9 baaria, taulukko 6. Liitteessä 1 on PI-kaavio paineilmatuotannosta, jossa on nähtävillä mittauspisteiden sijainti. Tarkasteluvaiheessa ilmaverkot olivat yhdessä, mikä saattaa vaikuttaa mittaustuloksen luotettavuuteen.

Taulukko 6. Painehäviomittaus

Päivämäärä	30.1.2018	31.1.2018	1.2.2018	2.2.2018	5.2.2018
Mittauskohde	Paine bar (g)				
GB1001 loppupaine	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
GB1001 tuottopaine	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
PG10201	7,9	8	8	8	8
FD1036 paine-ero	0,2	0,2	0,2	0,18	0,22
PA1011	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
FD1037 paine-ero	0	0	0	0	0
PI1044	7,28	7,22	7,29	7,19	7,29
FX1002	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2
PG10204	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2
Työilma					
Mittauskohde	Paine bar (g)				
GB1008S	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
FD1024	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
PG10202	7,9	8	8	8	8
PI1043	7,83	7,79	7,87	7,74	7,91

Työilma virtaa kompressorilta öljynerottimen FD-1024 kautta säiliöön FX-1001, josta työilmaverkkoon. Työilmaa ei siis kuivata, jolloin vesi tiivistyy kylmällä säällä putkistoihin ja jäätyy.

Ilmasäiliöt sijaitsevat ulkona mutta ovat eristettyjä ja höyrylämmitettyjä. Eristyksestä johtuen paineilman jäähtyminen säiliössä heikentyy ja veden erottuminen hankaloituu.

Instrumentti-ilmaverkossa on vedenerottajia prosessialueella sekä instrumentti-ilma-kuivain REF-yksikössä.

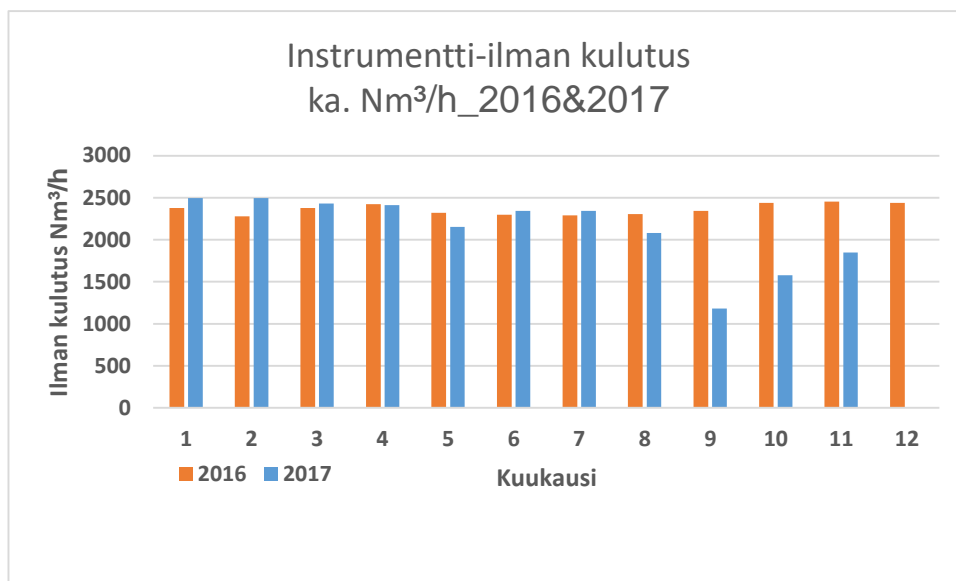
5 PAINEILMAN KULUTUS

Instrumentti-ilman kulutus on tasaista vuodenajasta riippumatta. Työilman kulutus lisääntyy yksikköhuoltojen aikana. Kokonaisilmamäärän kulutus on ollut 25–26 miljoona kuutiometriä vuodessa ennen konfiguraatiomuutosta. Taulukkoon 7 on arvioitu instrumentti-ilmankulutus vuodelle 2017, sillä mittaus ei ollut luotettava marras- ja joulukuussa. Huomattavasti tavanomaista pienempään ilmamäärään vaikuttaa myös Naantalin suurseisokki välillä 15.8–15.10.2017.

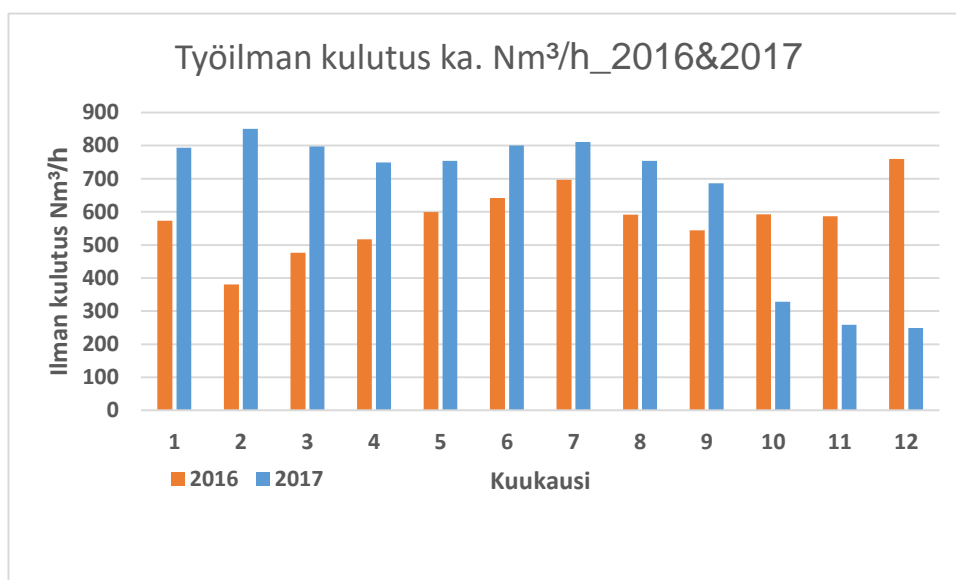
Taulukko 7. Paineilman vuosikulutus Naantalin jalostamolla

Paineilman vuosikulutus Naantalin jalostamolla			
Vuosi	Instrumentti-ilma (Nm ³ /a)	Työilma (Nm ³ /a)	Kokonaisilmamäärä (Nm ³ /a)
2014	21230150	4753025	25983175
2015	20825599	4229653	25055251
2016	20686913	5078735	25765648
2017	18390358	5726905	24117263

Paineilman kulutus on vähentynyt TA2017 jälkeen, sillä tuotantoyksiköitä on poistettu käytöstä, ja näin ollen ilman tarve on vähentynyt, kuvio 3 ja 4. Instrumentti-ilman tarve on pienentynyt noin 400 Nm³/h konfiguraatiomuutoksen jälkeen. Kuitenkin esimerkiksi TCC-yksikköön menee vielä paineilma, vaikka yksikkö on poissa käytöstä. Tällä tavalla pyritään pitämään instrumentit toimintakuntoisena. Paineilman kulutus saattaa pienentyä vielä, kun paineilmalinja TCC:lle suljetaan. Vuoden 2017 kuukausikeskiarvotaulukoista puuttuu joulukuun mittaus sekä osa marraskuulta instrumentti-ilman osalta, sillä adsorptiokuivain PA-1011 rikkoutui ja väliaikaista kuivainta käyttämällä ei saatu mittausdataa.

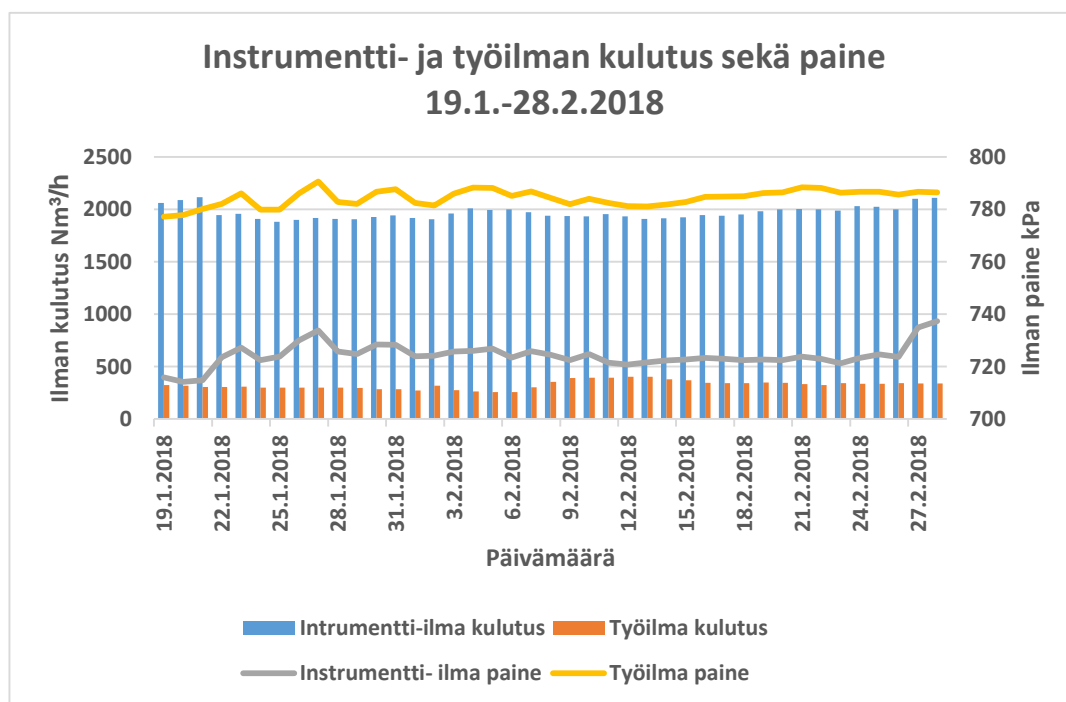


Kuvio 3. Instrumentti-ilman keskimääräinen kulutus Naantalın jalostamolla vuosina 2016 ja 2017



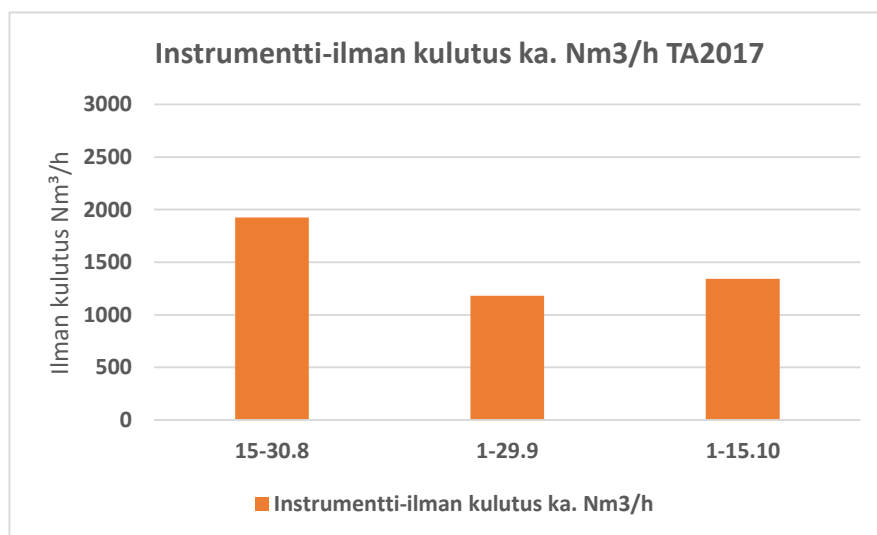
Kuvio 4. Työilman keskimääräinen kulutus Naantalın jalostamolla vuosina 2016 ja 2017

Instrumentti-ilmankulutuksen keskiarvo on 1970 Nm³/h vuonna 2018, kuvio 5. Ilmankulutuksen mittaus ei ollut luotettavaa 1.1–18.1.2018, sillä instrumentti-ilman mittaus ei toiminut väliaikaisen kuivaimen käytöstä johtuen. Työilman neljän vuoden kuukausikeskiarvo on 520 Nm³/h. Näin ollen oletus kokonaisilmamäärän kulutuksesta vuodelle 2018 on 2490 Nm³/h. Vuosikulutukseksi näin ollen tulisi 21 812 400 Nm³. Työilman kulutuksen kuukausikeskiarvo pienimmillään on ollut 178 Nm³/h toukokuussa 2013 ja suurimmillaan 905 Nm³/h syyskuussa 2015.

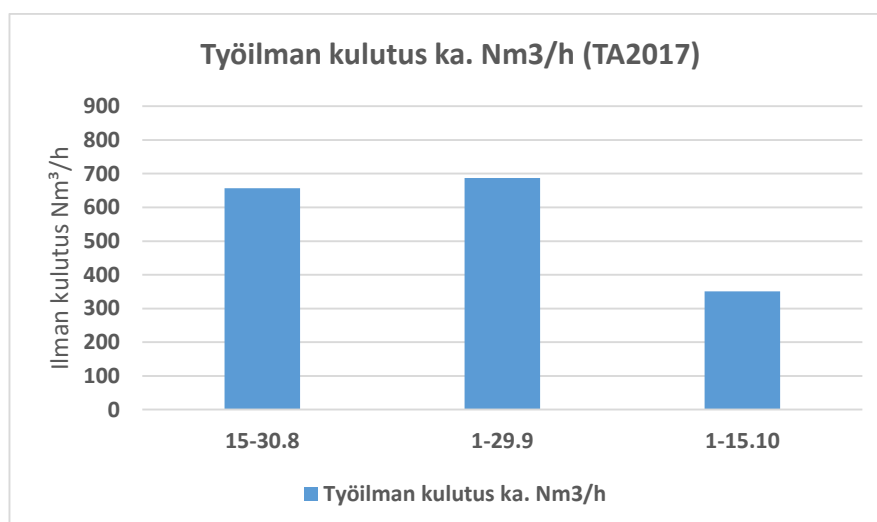


Kuvio 5. Paineilman kulutus ja paineilman paineet

Naantalin suurseisokin (15.8-15.10.2017) aikainen työ- ja instrumentti-ilman kulutus on havainnollistettu kuviossa 6 ja 7. Työilman kulutus oli suurinta syyskuussa, jolloin suurin osa töistä tehtiin. Vastaavasti instrumentti-ilmankulutus oli tällöin hyvin vähäistä, sillä prosessialueelle linjoja oli suljettu. Instrumentti-ilmaa kului seisokin aikana normaalisti säiliö- terminaali- ja satama-alueella.



Kuvio 6. Instrumentti-ilman keskimääräinen kulutus Naantalin jalostamolla, Naantalin suurseisokin (TA2017) aikana.



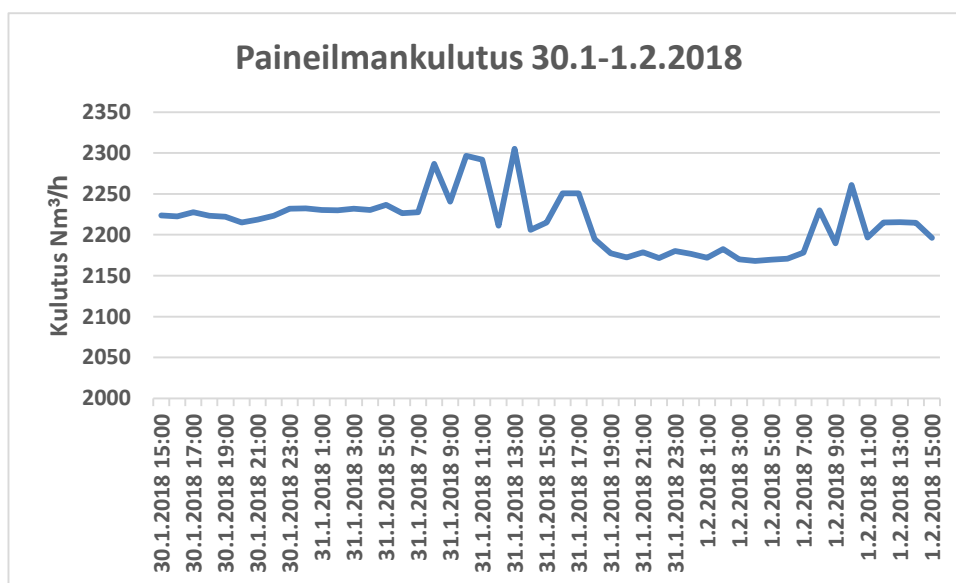
Kuvio 7. Työilman keskimääräinen kulutus Naantalin jalostamolla, Naantalin suurseisokin (TA2017) aikana.

6 PAINEILMAN TUOTTAMISEN KUSTANNUKSET

6.1 Energiakustannukset

Energiakustannukset koostuvat pääosin kompressoreiden ja kuivaimen sähköenergia-kustannuksista. Kompressoreiden tehonottomittaus toteutettiin Naantalın jalostamolla 30.1–1.2.2018 Nesteen sähköosaston toimesta. Sähkötehot mitattiin käynnissä olleista kompressoreista GB1001 ja GB1008S kumpaakin yhden päivän ajan, mikä vastasi sen aikaista kompressoreiden käyttöä. GB1001:llä sähkötehonotto oli välillä 232–240 kW keskiarvon ollessa 236 kW. GB1008S:llä sähkötehonotto oli välillä 78–92 kW keskiarvon ollessa 81,8 kW. Paineilman kulutuksen keskiarvo mittausajanjaksolla (kuvio 8) oli 2216 Nm³/h eli 36,9 Nm³/min ja tehonotto 317,8 kW. Ominaistehoksi muodostuu siten $8,6 \frac{\text{kW}}{\left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}\right)}$. Muun muassa Sarlin käyttää laskelmissaan ominaistehon arvona

$$\frac{\text{kW}}{\left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}\right)}.$$



Kuvio 8. Paineilman kulutus Naantalın jalostamolla 30.1–1.2.2018

GB1001S:n ja GB1008:n sähkötehot on mitattu vuonna 2012. Tuolloin ilmaverkot ovat olleet erillään, jolloin GB1001 ja GB1001S ovat tuottaneet instrumentti-ilmaa ja GB1008 työilmaa. Instrumentti-ilmankulutus tuolloin vastaa nykyistä kokonaisilmamääräkulutusta $\approx 2400 \text{ Nm}^3/\text{h}$, joten GB1001S sähköteho voidaan olettaa olevan sama nykyisellä kuormituksella. GB1001S on käynyt miltei koko mittausajanjakson ajan maksimikevennyksellä, joten voidaan olettaa, että mitattu teho $\approx 150 \text{ kW}$ menee kokonaan hukkaan. Työilmankulutus on ollut samaa luokkaa mittausajanjaksojen aikana. Mittausten ja käyttötuntien (taulukko 8) avulla on laskettu kompressoreiden sähköenergian kulutus vuodella 2017, taulukko 9.

Taulukko 8. Kompressorien käyntitunnit

Kompressoreiden käyntitunnit 2017				
Kuukausi	GB1001	GB1001S	GB1008	GB1008S
1	744	744	0	0
2	672	672	0	0
3	744	743	0	0
4	720	720	0	0
5	744	744	0	0
6	720	218	504	0
7	744	531	240	0
8	744	58	593	0
9	720	0	272	4
10	744	10	0	233
11	720	0	0	718
12	744	0	0	742
Yhteensä	8760	4440	1609	1697

Taulukko 9. Kompressoreiden sähköenergian kulutus vuonna 2017

	GB1001	GB1001S	GB1008	GB1008S
Keskimääräinen sähköteho (kW)	236	150	152	81,8
Sähköenergia MWh/a	2067	666	245	139
Sähköerגיakustannus €/a	88896	28638	10516	5969

Sähköenergian kokonaiskustannukseksi kompressoreille voidaan arvioida mittaustulosten perusteella, noin 134 000 € vuodelle 2017. Sähkön yksikköhintana on käytetty 43 €/MWh.

Kompressoreiden mitoitus ei vastaa enää nykyistä ilmantarvetta. Vähintään kahden kompressorin on oltava käynnissä, sillä GB1001 ei yksinään pysty tuottamaan tarvittavaa ilmamäärää. Energiatehokkain vaihtoehto on käyttää GB1001:ä ja GB1008S:ä, sillä GB1001S ja GB1008 ovat liian tehokkaita kompressoreita GB1001:n rinnalle. Näissä tapauksissa kompressorit keventävät turhan paljon ja energiaa menee hukkaan. GB1008S:n korkea lämpö kuitenkin estää laitteen käyttämistä ympäri vuoden. Kompressorin lämpö nousee ylärajalle kesäkuukausina, kun ympäröivän ilman lämpötila nousee.

Kompressoiden jäähdytysveden kulutusta ei huomioida energiakustannuksissa, sillä lämmennyt jäähdytysvesi sekoitetaan vesijohtoveteen ja johdetaan suolanpoistoon, josta edelleen höyrykehitykseen TSE Naantalın voimalaitokselle sekä jalostamon omiin höyrykehittämiin. Kompressoreiden laskennallinen jäähdytysvesikustannus vuonna 2017 on noin 87 000 €. Laskennallinen veden kulutus oli 107 650 m³ ja veden yksikköhintana on käytetty 0,81 €/m³. Koska jäähdytysvettä ei johdeta viemäriin, vaan sitä käytetään jatkoprosessissa ja lämmennyt vesi tehostaa suolanpoistoprosessia, ei jäähdytysveden kulutusta voida laskea kustannukseksi.

Kuivaimen (PA1001) energiakulutus on laskettu käyttämällä perinteisen kuivaimen energiankulutusta (0,5 kW/m/min). Energiankulutus kW/m/min perustuu Kaeserin tekemiin laskelmiin vuonna 2014. Näin ollen koko vuoden energiankulutus on 262 800 kWh ja kustannukseksi tulee 11 300 €/a.

Paineilmaa tuottavien kompressorien sekä kuivaimen yhteenlaskettu sähköenergian hinta vuodelta 2017 on noin 145 000 €.

Sähköenergiankulutus tulee todennäköisesti lisääntymään, mikäli GB1008 otetaan jossain vaiheessa GB1008S:n tilalle tuottamaan työilmaa. Energiakustannuksissa on arvioitava vuotuinen ilmantarve tulevaisuudessa, sillä edellisten vuosien kulutus ei vastaa enää todellisuutta.

6.2 Kunnossapitokustannukset

Kunnossapitokustannukset koostuvat korjaavasta ja ehkäisevästä kunnossapidosta. GB-1001:llä on vuosihuoltosopimus, asentaja käy kaksi kertaa vuodessa ja huollon laajuus määräytyy käyttötuntien mukaan. Joka toinen huolto on aina laajempi huolto. Muiden kompressoreiden huollot tilataan erikseen Tamrotorilta. Kunnossapitokustannukset ovat merkittävä osa paineilman tuottamiseen liittyviä kustannuksia. Taulukosta 10 selviää eri laitteiden vuosittaiset kunnossapitokustannukset, liitteessä 3.1–3.5 on kerrottu kompressoreiden ja kuivaimen työtilaushistoria, sekä kustannuksien jakautuminen eri laitteilla. Kompressoreista GB1001S on ollut vikaantumisherkin laite, varsinkin säätimien ja apulaitteiden osalta. Kunnossapidon vuosikustannukset laitteille on saatu selville Nesteen M+- järjestelmästä.

Taulukko 10. Kunnossapidon kokonaiskustannukset

Kunnossapidon kokonaiskustannukset kompressori+ sähkömoottori sekä adsorptiokuivain (€)						
	GB1001	GB1001S	GB1008	GB1008S	PA1011	YHT
2008	410	2513	207			3130
2009	416	443	465		1742	3066
2010	625	495	483			1603
2011	75293	9789	712			85794
2012	234	6972	51516	31498	11137	101359
2013	241	9951	15103	8252		33547
2014	413	5898	623	10638		17572
2015		711	645	6855	42249	50461
2016	701	14703	14036	2111		31552
2017	2360	50712	856	33	54102	108062
YHT	80692	102185	84648	59388	109231	436144
Ka/vuosi	8069	10219	8465	5939	10923	43614

Väliaikaisen ilmakeinon vuokrakustannus oli 228 €/päivä, kokonaiskustannukseksi vuokra-ajalta (17.11.2017–5.2.2018) tuli noin 15 000 €. Lisäksi kuivaimen yhteensovittamiseksi paineilma-verkkoon jouduttiin tekemään uusia yhteyksiä.

6.3 Henkilöstö

Henkilöstökustannus on pieni verrattuna kokonaiskustannuksiin. Henkilöstökustannukset muodostuvat operoinnista. Kenttäkierrokset ja lukemien kirjaaminen raportteihin vie aikaa 0,5-1 h päivässä. Lisäksi operaattorit vaihtavat käynnissä olevia kompressoreita satunnaisesti sekä kirjaavat vikailmoituksia.

Edellä esitetyn lisäksi aikaa kuluu häiriöiden syiden etsimiseen ja häiriöiden poistoon sekä niistä raportoimiseen. Henkilöstötyötunneiksi per vuosi on arvioitu 300 tuntia. Työntekijän laskennallisena tuntihintana on käytetty 42 €/h, jolloin henkilöstökustannukseksi muodostuu 12 600 € vuodessa.

6.4 Häiriötilanteiden aiheuttamat kustannukset

Paineilmatuotannon häiriöistä aiheutuneita poikkeamia ja niistä johtuvia tuotannonmenetyksiä on tapahtunut viimeisen kymmenen vuoden aikana 11 kappaletta. Valtaosassa tuotannonmenetyksistä on ollut 100–1000 euroa. Suurin yksittäinen tuotannonmenetys tapahtui vuonna 2015 ilmankuivaimen häiriöiden johdosta. Tästä syystä TCC-yksikössä tapahtui häiriöitä 23.3–26.3.2015, jotka lopulta johtivat yksikön alasajoon. Tuotannonmenetys tänä aikana oli noin 35 000 €.

6.5 Kokonaiskustannukset

Paineilman tuottaminen maksoi Nesteelle vuonna 2017 noin 276 000 €. Summa ei ole absoluuttinen totuus, sillä erityisesti kunnossapitokustannukset perustuvat raportointiin. Sähköenergiankulutuksen mittaus vastasi sen hetkistä tilannetta. Sähkönkulutus tulee nousemaan, mikäli useampi kuin kaksi konetta on käytössä.

Tulevaisuuden kustannukset riippuvat pitkälti siitä, mihin paineilman tarve asettuu sekä kunnossapitokustannuksista. Vuonna 2017 kunnossapitokustannukset olivat huomattavasti keskiarvoa (43 614 €) suuremmat.

Vuodelle 2018 on tilattu GB1008S:n täyshuolto. Muiden kompressoreiden suurempia huoltoja ei ole tiedossa. Energiakustannukset riippuvat pitkälti siitä, pystyykö GB1008S tuottamaan myös kesällä ilmaa. Jos kaksi 250 kW:n kompressoria on samanaikaisesti päällä, energiaa hukataan, sillä Nesteellä ei ole riittävää asiantuntemusta tai mittausjärjestelmää, jolla kevennys-kuormitus sykliä voitaisiin optimoida.

Henkilöstökulut eivät tule muuttumaan seuraavien vuosien aikana, sillä tiedossa ei ole henkilöstön vähentämistä tai lisäämistä.

7 VAIHTOEHDOT PAINEILMAN TUOTTAMISELLE

Tulevaisuudessa paineilman tuottamiseen on kaksi vaihtoehtoa, laitteiston modernisointi tai air over the fence -malli, jossa erillinen yritys hallinnoi ja vastaa laitteistosta. Air over the fence -mallin hyötynä on kiinteän pääoman pieneminen sillä, laitteet omistaa niistä vastaava yritys. Myös kunnossapitokustannukset kuuluvat sopimuksen hintaan.

Tämän työn tuloksena on päädytty kahden tai kolmen kompressorin järjestelmään, joista yksi olisi varakompressorina. Lisäksi uudesta dieselkompressorista on pyydetty vaihtoehtoja. Uusien kompressorien lisäksi tarvitaan kaksi adsorptiokuivainta, joiden avulla varmistetaan myös työilman kuivaaminen sekä pystytään estämään häiriötilanteita toisen kuivaimen vikaantuessa.

Seuraavat raja-arvot määritettiin ratkaisun hakemiseen: verkoston maksimipaine 8 bar, minimipaine käyttökohteessa 4 bar, ilmamäärän vaihtelu 2200 – 2700 Nm³/h, ilman vuotuinen tarve 24 miljoonaa kuutiometriä. Paineilman laatuvaatimus on ISO 8573–1:2010 2.2.2 – mukainen. Kysely lähetettiin neljälle palveluntarjoajalle: Sarlin, Tamrotor Kompressorit Oy, Kaeser ja Atlas Copco.

Virallista tarjousta ei tämän opinnäytetyön puitteissa kysytty uusille laitteille tai paineilmatuotannon ulkoistamiselle. Tarjouspyynnön täytyy kulkea Nesteen virallisen projektisuunnittelun mukaisesti.

Tässä työssä ei ole käsitelty automaatio- tai putkistomuutoksista aiheutuvia kustannuksia.

7.1 Air over the fence

Yrityksillä on tarjota erilaisia paketteja paineilmatuotannon ulkoistamiseen. Sopimus on aina neuvottelun tulos, ja tässä työssä ei pystytä arvioimaan erillisten pakettien hintoja, sillä virallista tarjouspyyntöä ei tehty.

Sarlinilla on tarjolla tuotto- ja takuutuottopalveluita. Tuottopalvelussa kustannus on sidottu tuotettuun ilmamäärään, takuutuottopalvelussa taas kompressoiden käyntiaikaan. Epävirallisessa keskustelussa tuli ilmi, että kahden 250 kW kompressorin kuukausihinta olisi noin 3200 € sisältäen 4000 käyntituntia vuodessa per kone. Hinnaksi muodostuisi noin 5000 €/kk jos molempien kompressoreiden käyntiaikana olisi 8000 h.

7.2 Laitteiden modernisointi

Jotta kompressoreiden ja jälkikäsittelyjärjestelmän mitoitus onnistuisi, esimerkiksi Sarlin haluaisi tehdä noin viikon kestävä mittauksen, jossa mitattaisiin kompressoreiden tehoa, ilmamääriä, painetta verkon eri osista ja paineen vaihtelua. Näillä mitaustuloksilla he pystyisivät mitoittamaan laitteet.

Vuonna 2015 tehtyyn suuruusluokka-arvioon pyydettiin tarjouksia samoilta yrityksiltä kuin tässä työssä. Paineilmakapasiteettina käytettiin tuolloin 3000 Nm³/h, tarjous pyydettiin neljälle kompressorille, yhdelle dieselkäyttöiselle kompressorille ja kahdelle kuivaimelle. Kustannusten suuruusluokka-arvioiksi vuonna 2015 muodostui kalleimman tarjouksen perusteella noin 1,6 miljoonaa euroa.

Ilmamäärän pientymisen johdosta kompressorien lukumäärän tarve on vähentynyt, joten voidaan olettaa, että myös tuleva investointi on pienempi kuin vuonna 2015 arvioitu kustannus.

Yhtenä vaihtoehtona on uusia laitteisto mutta antaa erillisen yrityksen ohjata ja valvoa laitteita energiatehokkaasti. Tällainen palvelu on esimerkiksi Sarlin Balance. Järjestelmän toteutus tuotetaan asiakaskohtaisesti ja palvelussa on kompressorivalmistajasta riippumaton ohjaus.

8 KEHITYSKOhteet

Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna kompressoreiden uusiminen on välttämätöntä, sillä ne alkavat olla käyttöikänsä lopussa. Laitteilla on vielä muutama vuosi käyttöikää jäljellä, mutta erityisesti kompressoreiden säädettävyys tuottaa ongelmia paineilman energiatehokkaaseen tuottamiseen. Paineilmatarpeen muutokseen on hankala reagoida nykyisellä laitteistolla. Jos uusimiseen päädytään, on kuitenkin tarkasteltava monia asioita, jotka vaikuttavat paineilman tuottamiseen. Koko verkoston vuototarkastus on toteutettava ja vuotokohdat paikattava varsinkin, jos Neste päätyy air over the fence -vaihtoehtoon. Vuotoja esiintyy verkostossa runsaasti: vuonna 2012 tehdyn instrumentti-ilma-verkon kartoituksen mukaan yli 1700 kohteesta noin 40 %:ssa esiintyi vuotoja, liite 4. Vuotokartoituksessa ei otettu kantaa vuotojen suuruusluokkaan. Kartoituksen jälkeen vuotopaikkoja on paikattu mutta uutta järjestelmällistä vuotokartoitusta ei ole tehty sen jälkeen.

8.1 Työilma

Koska työilmaa ei kuivata, se jäätyy talvella putkistoihin. Tätä pyritään estämään lisäämällä isopropanolia työilmalinjoihin ja samalla verkostossa on ulospuhalluksia. Höyryn avulla sulatetaan jäätyneitä kohteita. Energiatalouden sekä paineilmatuotannon luotettavuuden kannalta tarkasteltaessa tämä ei ole kuitenkaan kestävä tilanne. Toisen ilmankuivaimen avulla koko ilmamäärä pystyttäisiin kuivaamaan ja näin ollen talvella ei olisi jäätymisongelmaa työilmalinjoissa.

Ensisijaisena vaihtoehtona ilmankuivauksen parantamiseksi tulee tarkastella työilmäsäiliön eristyksen purkamista, jotta vesi erottuisi paremmin säiliössä. Säiliön teräksen täytyy olla kuitenkin kylmäkestävää terästä ja säiliön lauhteenpoistimessa tulee olla saattolämmitys.

Kokonaisilmakulutuksen pienentyminen alle 2500 Nm³/h arvoon mahdollistaa myös työilman kuivaamisen, sillä kuivaimen PA-1011 maksimivirtaus on 2750 Nm³/h. Kuivattu instrumentti-ilma on mahdollista ajaa kuivaimen ohituslinjaa pitkin työilmalin-

jaan, kun ohituslinja avataan ja venttiili työilmasäiliöön suljetaan. Ohituslinja on merkitty liitteeseen 1 merkinnällä 1. ohituslinja. Putkikoko (2 tuumaa) saattaa kuitenkin rajoittaa virtausta painehäviöiden takia.

8.2 Instrumentointi

Mittaustietoa varsinkin kompressoreista on käytettävissä hyvin vähän. Esimerkiksi yksittäisen kompressorin tuottoa ei pystytä mittaamaan, sillä tilavuusvirtamittaukset sijaitsevat putkistossa ennen säiliöitä ja sen jälkeen. Paine- ja virtausmittauksien lisäksi energiatehokkuuden kannalta kuormitus- ja kevennyssekvenssit olisivat tärkeää tietoa kompressoreiden käyttöä tarkastellessa. Moderni laitteisto mahdollistaisi tämän tiedon saamisen.

Kompressoreilla ei ole etäohjausta, vaan mahdollisen häiriötilanteen sattuessa operaattorin on mentävä käynnistämään varakompressor. Äkillinen paineenlasku saattaa aiheuttaa merkittäviä tuotannonmenetyksiä ja tällaisessa tilanteessa nopea reagointi häiriöihin voi säästää tuhansia euroja.

Etäluettavia painemittauksia tulee asentaa kohteisiin, joissa tiedostetaan verkoston paineenlasku, mm. Ref-yksikkö. Mitä enemmän on tietoa käytössä verkoston tilasta, sitä helpompaa on optimoida kompressoreiden tuottopainetta ja näin parantaa energiatehokkuutta.

8.3 AB-217 (kompressorihalli)

Itse rakennus, jossa kompressorit sijaitsevat, tuo haasteita paineilmatuotantoon. Käytännössä rakennuksen eristykset puuttuvat kokonaan, mikä aiheuttaa jäätymistä lattian tasolla talvisin. Kesällä rakennus on taas liian kuuma. Opinnäytetyön aikana GB1001S:n meri- ja makeavesijäähdytysputket repesivät jäätymisen seurauksena, ja kompressor joutui käyttökieltoon. Jäähdytysvesiputkien eristäminen toisi luotettavuutta kompressoreiden käytettävyyteen talvikuukausina.

Kompressoreiden läheisyydessä ovat myös höyryjakotukit, mikä nostaa rakennuksen ilmankosteutta. Rakennus sijaitsee lähellä prosessialuetta ja mahdollisen kaasuvuodon syntyessä kompressorit imevät hiilivetyistä ilmaa. Harkittaessa ilmajäähdytteisiä kompressoreja on syytä tarkastella, onko tämä tila riittävä mahdollistamaan kompressorien optimaalisen käytön. Rakennuksen eristystä tulee parantaa sekä tilan ilmanvaihtoon tulee tehdä parannuksia, jos nykyistä tilaa halutaan hyödyntää myös tulevaisuudessa.

8.4 Kompressorit

Dieselkompressorin tuotto on erittäin vaatimaton. Käytännössä sen avulla ei pystytä turvaamaan instrumentti-ilman tarvetta häiriön sattuessa. Tosin laajamittaisen häiriön todennäköisyys on pieni. Uuden dieselkompressorin hankinta on välttämätön toimenpide, jos halutaan turvata ilmantuotanto tilanteessa, jossa ruuvikompressorien sähköntulo katkeaa.

Ilmajäähdytteisessä kompressorissa GB1008S on ylikuumenemisongelma. Ongelmaa tutkittaessa ainakin jäähdytysöljykierrossa havaittiin puutteita: muutamassa öljyletkussa on ilmaa ja tämän takia öljy ei kierrä kompressorin. Kompressorille on tilattu täyshuolto, joka toteutetaan keväällä 2018.

8.5 Paineilmasäiliöt

Instrumentti-ilmasäiliö on tilavuudeltaan pienehkö ($3,8 \text{ m}^3$) tasaaman painepulsseja paineilmaverkossa. Jos tulevaisuudessa halutaan kuivata myös työilma, työilmasäiliön tilavuus (20 m^3) on riittävä koko ilmamäärän painepulssien tasaamiseen. Tämä toimii tilanteessa, jossa verkot yhdistetään paineilmasäiliön jälkeen.

8.6 Dokumentointi

Ohjeistamiseen, dokumentointiin ja paineilmatuotannon analysointiin tulee jatkossa kiinnittää enemmän huomiota. Raportointi päiväkirjaan esimerkiksi työilmalinjojen

ulospuhalluksista tulee tehdä, jotta tiedetään ulospuhalluksien sijainti. Raportoinnilla ehkäistään tilanteita, joissa ulospuhallus unohtuu auki pitkäksi ajaksi. Paineilman tuotantoon liittyviä ohjeita on vähän ja ne ovat vanhoja, uusi OQD-ohje on kuitenkin tekeillä operaattorin toimesta

9 YHTEENVETO

Naantalin jalostamon paineilmatuotanto ei vastaa enää nykypäivää. Laitteiden säädettävyys on heikkoa, kompressoreista ja verkon tilasta ei saada riittävästi tietoa. Kuitenkin paineilmatuotannon luotettavuus on hyvällä tolalla, ja se on ratkaiseva tekijä tuotannossa. Kompressorit tulevat toimimaan todennäköisesti vielä vuosia, mutta niiden kunnossapito maksaa kymmeniä tuhansia euroja vuodessa. Uusien kompressoreiden ja kuivaimien avulla laitteiden ylläpitokustannukset todennäköisesti pienenisivät sekä energiataloudellisuus parantuisi.

Modernien laitteiden, mittauksien ja ennakkohuoltojen avulla Neste voisi saavuttaa huomattavia säästöjä. Kun kompressoreista ja järjestelmästä saadaan tilatietoa, järjestelmän vikaantumisia pystytään ehkäisemään. Myös laitteiden operointi helpottuisi, kun operaattoreilla olisi enemmän tietoa laitteiden ja järjestelmän tilasta.

Opinnäytetyössä todettiin monia kehityskohteita paineilmatuotannon parantamiseen. Joitakin parannuksia voidaan tehdä jalostamon käynnin aikana, mm. työilmasäiliön eristyksen purkaminen. Uuden järjestelmän asennus vaatii kuitenkin paineilmatuotannon katkon, joka voidaan toteuttaa aikaisintaan Naantalin seuraavassa suurseisokissa vuonna 2022.

Koska paineilman tuottaminen ei ole Nesteen ydinliiketoimintaa, tuotannon ulkoistamista asiantuntevalle yritykselle tulee harkita. Neste saisi kattavat raportit järjestelmän tilasta, sidotun pääoman määrä vähentyisi ja laitteiston huolto tehostuisi.

Tämän opinnäytetyön määräaikaan mennessä uusista laitteista ja paineilmatuotannon ulkoistamisesta saatiin neuvotteluyhteys vain Sarlin Oy Ab:seen. Koska neuvotteluja ei käyty muiden yritysten kanssa (Atlas Copco, Tamrotor, Kaeser) uuden järjestelmän suunnittelu ei onnistunut kokonaisuudessaan. Uuden järjestelmän investointikustannusta ei pystytty selvittämään tässä työssä edellä mainitusta syystä.

LÄHTEET

Keinänen, T & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY

Motiva. Energiakatselmoijan käsikirja osa 3.Luku 1- luku 2. Viitattu 23.3.2018
<http://www.motiva.fi/files/1720/kat-energiakatselmoijan-kasikirja-osa-3-2-A.pdf>

Paineilmajärjestelmän suunnittelu. Tamrotor Kompressorit Oy. Viitattu 10.3.2018.
http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Paineilmajarjestelmien_suunnittelu.pdf

Kaeserin www-sivut. Viitattu 6.3.2018. <http://fi.kaeser.com/>

Nesteen www-sivut. Viitattu 7.3.2018. <https://www.neste.com/fi>

Sarlinin www-sivut. Viitattu 10.3.2018. <https://www.sarlin.com/>

Aalto, M. Työilma- ja instrumentti-ilmakompuroista. Vastaanottaja: mauri.aalto@neste.com. Lähetetty 22.1.2018 klo.12.00. Viitattu 23.3.2018

Kaerala, P. Paineilmaverkoston vuodot. Vastaanottaja: petri.kaerala@neste.com. Lähetetty: 30.1.2018 klo.10.00. Viitattu 23.3.2018.

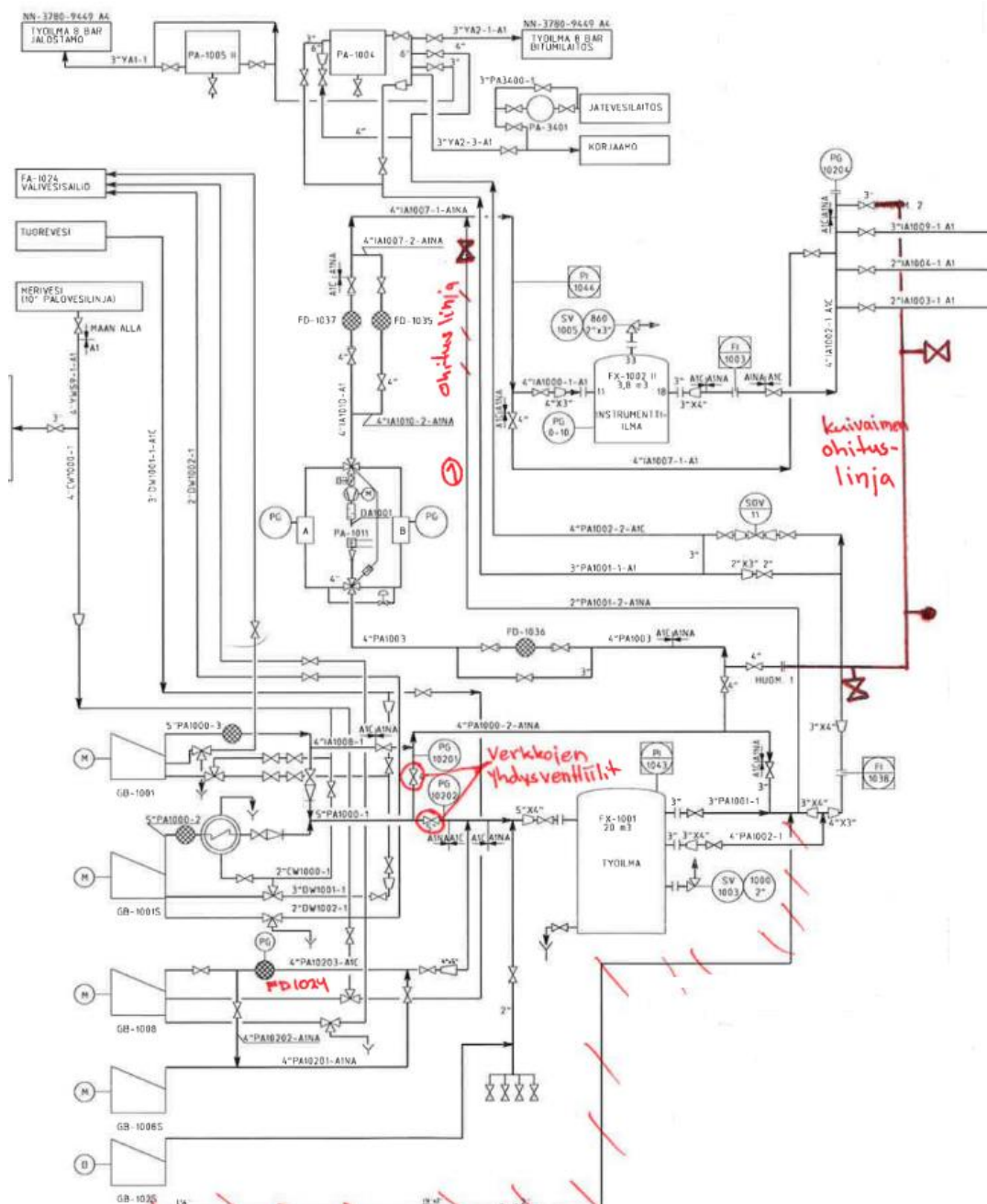
Torikka, J. 2013. Paineilmaverkon optimointi. AMK-opinnäytetyö. Turun ammatti-
 korkeakoulu. Viitattu 23.3.2018. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70129/Torikka_Jami.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Öljynjalostamon ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen päätelmien vuoksi, Naantali. 2018. Aluehallintavirasto Länsi-Suomi. Päätös Nro 35/2018/1. Viitattu 26.3.2018.

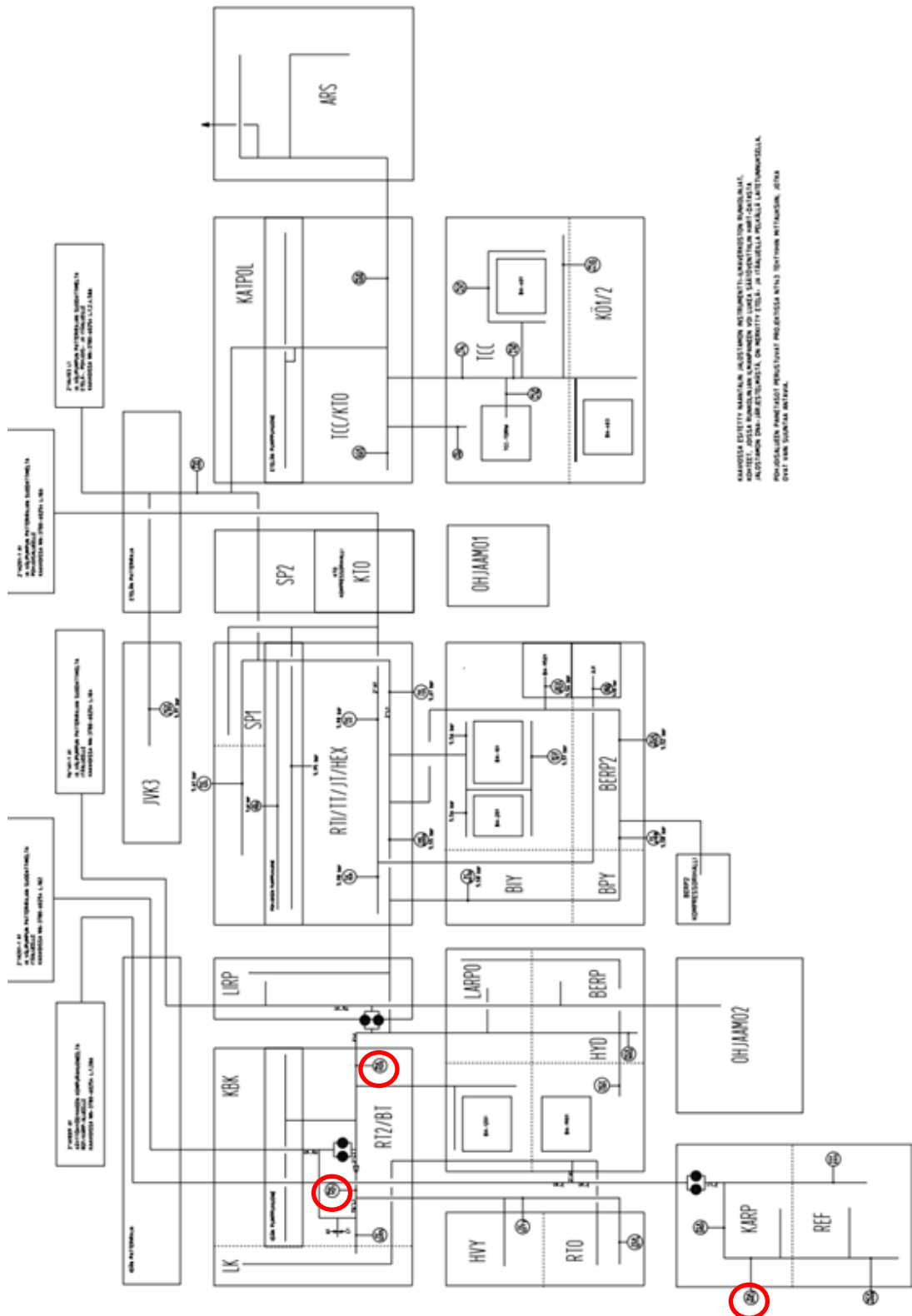
https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=1299653

LIITE 1

NAANTALIN JALOSTAMON INSTRUMENTTI-ILMAKAAVIO (OSAKAAVIO), KÄYTTÖHYÖDYKE



INSTRUMENTTI-ILMAKAAVIO ISBL-ALUE (PROSESSIALUE)



KAAVIOSSA ESITETTY NÄYNTILINJA INSTRUMENTTI-ILMAKAAVIOSSA NÄYTTÄVÄT.
 KAAVIOSSA ESITETTY NÄYNTILINJA INSTRUMENTTI-ILMAKAAVIOSSA NÄYTTÄVÄT.
 KAAVIOSSA ESITETTY NÄYNTILINJA INSTRUMENTTI-ILMAKAAVIOSSA NÄYTTÄVÄT.
 KAAVIOSSA ESITETTY NÄYNTILINJA INSTRUMENTTI-ILMAKAAVIOSSA NÄYTTÄVÄT.
 KAAVIOSSA ESITETTY NÄYNTILINJA INSTRUMENTTI-ILMAKAAVIOSSA NÄYTTÄVÄT.

TYÖTILAUSHISTORIA GB1001

Työtilaushistoria GB1001								
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvaus	Kuvaus	Työtöypin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis.pvm.	Tehty työ
8259	NLI	KONV	Konversio	Kunnossapitohistoria		4.2.2008	12.12.2007	MAKUn laitehistoria
31503	NLI	KONE	Koneryhmä	jäähdytysvesivuoto	Korjaava kunnossapito	26.4.2008	15.12.2008	Huotomies käynyt.
43723	NLI	SAH	Sähkö	mittalaitteiden purku	Korjaava kunnossapito	3.9.2008	5.9.2008	Mittalaitteet purettu!
118109	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin varoventtiili vuotaa	Korjaava kunnossapito	15.10.2010	20.10.2010	Rokka huoltanut ja ponnistanut varon
133835	NLI	KONE	Koneryhmä	Kytkinkumit	Korjaava kunnossapito	9.3.2011	24.3.2011	Kytkinkumit uusittu.
134927	NLI	KONE	Koneryhmä	Ilmakompressorin peruskorjaus	Korjaava kunnossapito	18.3.2011	17.5.2011	Peruskunnostus + huollossa havaitut lisäyötarpeet
141796	NLI	KONE	Koneryhmä	Jälkijäähdytimen ja varoventtiilin uusiminen	Korjaava kunnossapito	16.5.2011	17.5.2011	Jäähdytin, varoventtiili ja MP-elementin hammaspyörä uusittu
236558	NLI	KONE	Koneryhmä	venttiilivika	Korjaava kunnossapito	27.12.2013	22.1.2014	Atlas copcon Airtala käynyt kohteella.
300169	NLI	KONE	Koneryhmä	GB-1001, Atlas Copcon huolto	Erkaisevä kunnossapito	29.4.2015	29.4.2015	Atlas Copcon Juuso Airtala käynyt huoltamassa koneen
308642	NLI	TARK	Tarkastusosasto	Jäähdytysputkistossa korroosiota	Erkaisevä kunnossapito	17.7.2015	17.8.2015	
358463	NLI	TERÄ	Putkisto/Teräsrakenteet	GB 1001 Meniesjäähdytyksen paine venttiili vuotaa	Korjaava kunnossapito	14.11.2016	12.12.2016	Vaihdettu venttiili ja käyrä
Työtilaushistoria GB1001M								
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvaus	Kuvaus	Työtöypin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis.pvm.	Tehty työ
4424	NLI	KONV	Konversio	Kunnossapitohistoria		4.2.2008	20.1.2005	MAKUn laitehistoria
133953	NLI	KONE	Koneryhmä	Moottorin vaihto	Korjaava kunnossapito	10.3.2011	23.3.2011	Moottori uusittu
134258	NLI	SAH	Sähkö	Moottorin GB-1001 M asennus	Korjaava kunnossapito	14.3.2011	17.3.2011	Vaihdettu moottori ja kaapelit
140425	NLI	SAH	Sähkö	Jännite poistettu	Korjaava kunnossapito	3.5.2011	3.5.2011	
141629	NLI	SAH	Sähkö	Jännite pois ja jännite päälle.	Korjaava kunnossapito	13.5.2011	12.5.2011	

TYÖTILAUSHISTORIA GB1001S

Työtilaushistoria GB1001S									
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvas	Kuvas	Työtyypin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis pvm.	Tehty työ	
8427	NLI	AUT-INST	Instrumentti	magneettiventtiilien huolto		14.2.2008	18.2.2008	huolto	
8480	NLI	AUT-ANAL	Analysaattori	magneettiventtiilin huolto		18.2.2008	18.2.2008	magneettiventtiilin vaihto	
46504	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin laaja vuosihuolto	Korjaava kunnossapito	7.10.2008	8.10.2008	Määräaikaishuolto	
46748	NLI	AUT-INST	Instrumentti	Painemittari jumissa		9.10.2008	10.10.2008	Painemittari kalibroitu uudelleen.	
156228	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin pysähty; Korjaukset ja koneen huolto	Korjaava kunnossapito	19.10.2011	15.11.2011	Määräaikaishuolto + kuormituksen säätömen säätö.	
167948	NLI	KONE	Koneryhmä	Veden erottimen korjaus	Korjaava kunnossapito	9.2.2012	10.2.2012	Uusiutu vedenerotin	
170966	NLI	KONE	Koneryhmä	paineensäätö ei toimi	Korjaava kunnossapito	14.3.2012	19.7.2012	ei toimenpiteitä ille tilaukselle	
182216	NLI	KONE	Koneryhmä	Tamrotor ilmakoneen säätö	Korjaava kunnossapito	17.7.2012	19.7.2012	Säätöjärjestelmä huollettu ja uudelleen säädetty	
185682	NLI	KONE	Koneryhmä	Vesivuoto	Korjaava kunnossapito	30.8.2012	13.9.2012	Uusiutu helmiliitin kupariputkelle.	
186166	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin laaja vuosihuolto	Korjaava kunnossapito	5.9.2012	10.10.2012	Tamrotorin ukot tehneet vuosihuollon.	
197144	NLI	40_KHY	Käyttöhöydyke	jälkijäähdytin tukossa		29.12.2012	31.12.2012		
211783	NLI	KONE	Koneryhmä	Täys huolto ja koneen säätö	Korjaava kunnossapito	30.4.2013	30.5.2013	6000 tunnin huolto by Tamrotor Pasi Heimo	
222906	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressor alkanut tärisemään. (P)	Korjaava kunnossapito	26.8.2013	22.10.2013	Linjattu ja tilattu uusi kytkin.	
235835	NLI	KONE	Koneryhmä	Paineensäädin rikki: Tehdään samalla koko huolto	Korjaava kunnossapito	19.12.2013	22.1.2014	EH tehnyt suodatintien ja öljyjen vaihdon.	
237918	NLI	TYSU	Työnsuunnittelu	GB-1001S ja GB-1008 paineensäätintien korjaus	Korjaava kunnossapito	7.1.2014	7.1.2014		
243780	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin läinät	Korjaava kunnossapito	12.2.2014	17.2.2014	Linjaus ja kytkimen tarkastus.	
248584	NLI	KONE	Koneryhmä	Öljyvuoto	Korjaava kunnossapito	20.3.2014	4.4.2014	4 metrin leiku vaihdettu.	
293785	NLI	KONE	Koneryhmä	GB-1001S jälkijäähdyttimen ongelma	EHkäisevä kunnossapito	27.2.2015	11.7.2017	Tarkastusosasto tarkastanut	
294340	NLI	TARK	Tarkastusosasto	GB-1001S Kuvaukset lämmönvaihtimesta	EHkäisevä kunnossapito	5.3.2015	22.5.2017	Merivesitoimisen jälkijäähdyttimen iso-otopplukuvas	
319095	NLI	TERÄ	Putkisto/Teräsrakenteet	Paineventtiili uuttaa	Seisokki korjaava	12.11.2015	3.3.2016	Tehty uusi työ TA2017 laariin 331798	
319627	NLI	KONE	Koneryhmä	Laitteen pienputkistossa ja mahdollisesti muussa on vuotoja	Korjaava kunnossapito	18.11.2015	26.11.2015	Ilmavuoto vedenpoistimen yhteestä korjattu	
332003	NLI	KONE	Koneryhmä	Toiminnassa vikaa - täys huolto	Korjaava kunnossapito	7.3.2016	18.3.2016	Tamrotorin Pasi Heimo käynyt huoltamassa.	
358621	NLI	KONE	Koneryhmä	GB-1001S Huolto	EHkäisevä kunnossapito	15.11.2016	16.11.2016	3000h huolto	
381088	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin käyttäjäohjeita korkea - huolto	EHkäisevä kunnossapito	9.6.2017	7.7.2017	Ruuvipään vaihto, paljon selvitylä	
383539	NLI	KONE	Koneryhmä	GB-1001S öljysuotintien vaihto	EHkäisevä kunnossapito	7.7.2017	20.7.2017	Suodatintimet vaihdettu	
383730	NLI	AUT-INST	Instrumentti	venttiili tilattu - Vedenerottimen magn. venttiili ei toimi	Korjaava kunnossapito	10.7.2017	25.7.2017		
384690	NLI	KONE	Koneryhmä	GB-1001S tuottama paine laski	EHkäisevä kunnossapito	21.7.2017	21.7.2017	Ilmasylinterin vastapainetta säädetty	
384868	NLI	AUT-INST	Instrumentti	GB-1001S impulsit leikkuu rikki	Korjaava kunnossapito	24.7.2017	25.7.2017		
385461	NLI	HÖYR	Höyrysaattotyöt	GB-1001S Uimuri-lahteenpoistimen puhdistus	EHkäisevä kunnossapito	2.8.2017	24.8.2017	Putsattu uimuri-poistin	
387171	NLI	AUT-AUT	Automaatioyhmä	GB-1001S vesityksen magneettiventtiilien uusinta	EHkäisevä kunnossapito	24.8.2017	11.9.2017		
390627	NLI	KONE	Koneryhmä	GB-1001S paineensäädin rikki	EHkäisevä kunnossapito	28.9.2017	2.10.2017	Ruuvailtu säätimiä	
Työtilaushistoria GB1001SM									
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvas	Kuvas	Työtyypin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis pvm.	Tehty työ	
3781	NLI	KONV	Konversio	Kunnossapitohistoria		4.2.2008	29.1.2004	MAKUh laitehistoria	
156334	NLI	SAH	Sähkö	Kompressorin pysähty; Korjaukset ja koneen huolto	Korjaava kunnossapito	19.10.2011	28.10.2011	Vaihdettu K2 ja K6.	
244349	NLI	SAH	Sähkö	Jännite poistettu		17.2.2014	17.2.2014	Jännite poistettu ja kytketty takaisin	
361709	NLI	KONE	Koneryhmä	GB-1001SM sähkömoottorin kontaktori kärsii asennus/irroitus	Korjaava kunnossapito	14.12.2016	30.1.2017	Moottori vaihdettu	
361919	NLI	SAH	Sähkö	GB-1001SM laitepaikan sähkötyöt	Korjaava kunnossapito	16.12.2016	28.12.2016	Kontaktori vaihdettu	

TYÖTILAUSHISTORIA GB1008

Työtilaushistoria GB1008									
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvaus	Kuvaus	Työtyyppin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis pvm.	Tehty työ	
5070	NLI	KONV	Konversio	Kunnossapitohistoria		4.2.2008	17.1.2006	MAKUn latehistoria	
178696	NLI	40_KHY	Käyttötyödyke	Viallinen painemittari	Enhäisevä kunnossapito	1.6.2012	4.6.2012	Vaihdettu uusi painemittarin sulkuventtiili ja painemittari	
182376	NLI	KONE	Koneyhmä	Kytin vaurio + ruuviksiön vaihto	Korjaava kunnossapito	19.7.2012	26.9.2012	Kytin uusittu ja ruuviksiö samaten. SM käynyt huolossa.	
208915	NLI	KONE	Koneyhmä	Kompressorin pedin tukeminen	Korjaava kunnossapito	4.4.2013	12.9.2013	Petiä vahvistettu	
225600	NLI	KONE	Koneyhmä	Öljysuodattimen hälytys palaa. Tehdään täysuolto laitteelle	Korjaava kunnossapito	20.9.2013	24.9.2013	Tehdään emmakohuolto työnä EH-ohjelman mukaan	
229064	NLI	SAH	Sähkö	Kompressorien mittaukset, GB-1001, -1S, -8, 8S	Korjaava kunnossapito	22.10.2013	8.1.2014	Mittauksien asennuksissa ja puruissa mukana!	
237944	NLI	KONE	Koneyhmä	Paineensäätimen korjaus	Korjaava kunnossapito	7.1.2014	22.1.2014	Operaattoreiden kertoman mukaan ei ongelmia.	
347014	NLI	KONE	Koneyhmä	GB-1008 3000h huolto (+VO ohjesihteisin)	Enhäisevä kunnossapito	21.7.2016	12.8.2016	Tehty 3000h huolto	
358464	NLI	TERÄ	Pukisto/Teräsrakenteet	GB-1008 MERVESUJÄHDYTYKSEN PAINE VENTTILI VUOTAA	Korjaava kunnossapito	14.11.2016	3.1.2017	Vaihdettu uusia venttiileitä	
Työtilaushistoria GB1008M									
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvaus	Kuvaus	Työtyyppin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis pvm.	Tehty työ	
8151	NLI	KONV	Konversio	Kunnossapitohistoria		4.2.2008	21.12.2007	MAKUn latehistoria	
182696	NLI	KONE	Koneyhmä	Sähkömoottorin GB-1008 M huolto	Korjaava kunnossapito	25.7.2012	8.8.2012	Käynyt pika pikaa huolossa	
182704	NLI	SAH	Sähkö	Sähkömoottorin GB-1008 M huolto	Korjaava kunnossapito	25.7.2012	7.8.2012	Moottori huollettu ABB!	
185943	NLI	SAH	Sähkö	jännite kytketty		3.9.2012	3.9.2012	jännite kytketty.	
346813	NLI	TYSU	Työnsuunnittelu	GB-1008M meri rikki	Korjaava kunnossapito	18.7.2016			
346829	NLI	KONE	Koneyhmä	GA-1008M Moottorin irroitus/asennus	Korjaava kunnossapito	19.7.2016	28.10.2016	Moottori vaihdettu	
361525	NLI	SAH	Sähkö	Moottorin vaihdon yhteydessä komponentteja vaihdettu	Korjaava kunnossapito	13.12.2016	13.12.2016	Kontaktorit vaihdettu.	

TYÖTILAUSHISTORIA GB1008S

Työtilaushistoria GB1008S								
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvas	Kuvas	Työtyypin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis pvm.	Tetty työ
	182812	NLI	Koneryhmä		Vara työilmakompressorin asennus	27.7.2012	10.10.2012	Asennettu Ponoon lahja kompura huoneelle.
	182853	NLI	TERÄ	Pukisto/Teräsrakenteet	Kompressoriasennukseen liittyvät putkityöt	27.7.2012	19.9.2012	Kompressorin liitetty työilmamerkistoon
	183386	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin pedin korjaus/uudelleen valu	3.8.2012	10.10.2012	Kompressorin perustukset korjattu
	186167	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin laaja vuorihuolto	5.9.2012	10.10.2012	Tamrooin ukot tehneet vuosihuollon.
	193208	NLI	KONE	Koneryhmä	ylläpö	18.11.2012	20.11.2012	Peltiattu poistettu
	205020	NLI	TERÄ	Pukisto/Teräsrakenteet	GB-1008s ylläpö	28.2.2013	8.4.2013	
	208917	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin lämpenemisongelma (onko??)	4.4.2013	3.9.2013	Tilataan perus huolto.
	209239	NLI	TERÄ	Pukisto/Teräsrakenteet	GB-1008S paineputken muutos vedenerottajalle	8.4.2013	23.7.2013	
	222659	NLI	TERÄ	Pukisto/Teräsrakenteet	GB-1008S ilman tyhjennys yhteen isäminen	23.8.2013	23.9.2013	Tetty tyhjennys natsa 1/2". Bilfinger
	236275	NLI	TERÄ	Pukisto/Teräsrakenteet	GB-1008S paineputket vesitykseen kynsiliitin.	23.12.2013	7.1.2014	
	255091	NLI	KONE	Koneryhmä	Kompressorin täyshuolto	23.4.2014	24.6.2014	6000 tunnin huolto tehty
	264596	NLI	TERÄ	Pukisto/Teräsrakenteet	GB-1008s sammui ylläpö.	10.7.2014	12.11.2014	
	279913	NLI	KONE	Koneryhmä	Varsinainen työilmakompressorin ei toimi	17.11.2014	27.11.2014	Termostaatti vaihdettu ja lämpöä puhdistettu.
	306384	NLI	KONE	Koneryhmä	GB 1008s lämmöt nousee	23.6.2015	23.12.2015	Tetty "ilmastointi" kompressorille
Aktiiviset työtilaukset GB1008S								
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvas	Kuvas	Työtyypin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistuttava	
	405081	NLI	TYSU		Kompressorin täyshuolto	12.2.2018	30.4.2018	
Työtilaushistoria GB1008SM								
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvas	Kuvas	Työtyypin kuvaus	Kirj.pvm		Tetty työ
	182813	NLI	SAH	Sähkö	Vara työilmakompressorin asennus	27.7.2012	4.10.2012	Pyydetty hommat tehty!
	185567	NLI	TELI	Telinevö	Telineitä sähkömiehille voimalaitokselle	29.8.2012	30.10.2012	
	194894	NLI	KONE	Koneryhmä	Lähdetyöpuhailimen sähkömoottorin uusinta	4.12.2012	28.1.2013	Moottori vaihdettu.

TYÖTILAUSHISTORIA PA1011

Työtilaushistoria PA1011 A									
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvaus	Kuvaus	Työtyyppin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis pvm.	Tehty työ	
6403	NLI	KONV	Konversio	Kunnossapitohistoria		4.2.2008	28.9.2006	MAKUn laitehistoria	
60293	NLI	SAH	Sähkö	Moottorin huolto	Korjaava kunnossapito	2.3.2009	2.4.2009	Moottorin laakerit vaihdettu!	
62317	NLI	TELI	Telineet	Telineet	Korjaava kunnossapito	25.3.2009	6.5.2009		
129130	NLI	KIINT	Kiinteät laitteet	Ilmakuivaimen puhdistushuolto ja tarkastukset (VO:t)	Seisokki ehkäisevä	26.1.2011	17.7.2013		
296186	NLI	TERÄ	Purkisto/Teräsrakenteet	Ilmakuivaimien häiriön korjaukset; Pa-1011A ja PA-1011B	Korjaava kunnossapito	23.3.2015	14.4.2015		
296468	NLI	KULJ	Kuljetusosasto	Nostot ja kuljetukset	Korjaava kunnossapito	25.3.2015	16.4.2015		
296619	NLI	ERIS	Eristetyt	Eristetyt suodattimille	Korjaava kunnossapito	26.3.2015	11.8.2015	Ilmakuivaimen korjauksen eristetyt.	
298317	NLI	AUT-INST	Instrumentti	Ilmakuivaimen 4-tie venttiilien vaihto	Ehkäisevä kunnossapito	14.4.2015	1.10.2015	Venttiilit on vaihdettu käytettyihin mutta testattuihin.	
312841	NLI	KIINT	Kiinteät laitteet	Ilmakuivaimen huolto ja tarkastukset	Seisokki ehkäisevä	8.9.2015	20.9.2017	Massat vaihdettu ja inspecta tarkastanut	
396924	NLI	KIINT	Kiinteät laitteet	Ilmakuivaimen huolto ja tarkastukset OPEX	Seisokki ehkäisevä	8.9.2015	20.9.2017		
339899	NLI	AUT-INST	Instrumentti	Ilmakuivaimen 4-tie venttiilien vaihto	Seisokki ehkäisevä	13.5.2016	13.9.2017		
Aktiiviset työtilaukset PA1011 A									
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvaus	Kuvaus	Työtyyppin kuvaus	Kirj.pvm	Suunniteltu aloitus		
391676	NLI	SAH		Ilmakuivaimen logiikan uusinta + puhaltimen vaihtotyö		10.10.2017	27.11.2017		
396964	NLI	TELI		Telineet PA-1011 puhaltimen vaihdolle		27.11.2017	27.11.2017		
397034	NLI	TERÄ		Väliaikainen ilmankuivain Atlas Copco		28.11.2017	27.11.2017		
397084	NLI	TERÄ		Yhde ilmankuivaimen linjaan		28.11.2017			
Työtilaushistoria PA1011 B									
TT	TT Pk:n	Osasto	Kuvaus	Kuvaus	Työtyyppin kuvaus	Kirj.pvm	Valmistumis pvm.	Tehty työ	
6318	NLI	KONV	Konversio	Kunnossapitohistoria		4.2.2008	27.9.2006	MAKUn laitehistoria	
129134	NLI	KIINT	Kiinteät laitteet	Ilmakuivaimen puhdistushuolto ja tarkastukset (VO:t)	Seisokki ehkäisevä	26.1.2011	17.7.2013		
312843	NLI	KIINT	Kiinteät laitteet	Ilmakuivaimen huolto ja tarkastukset	Seisokki ehkäisevä	8.9.2015	18.9.2017	Massat vaihdettu ja inspecta tarkastanut	
396923	NLI	KIINT	Kiinteät laitteet	Ilmakuivaimen huolto ja tarkastukset OPEX	Seisokki ehkäisevä	8.9.2015	18.9.2017		
339900	NLI	AUT-INST	Instrumentti	Ilmakuivaimen 4-tie venttiilin vaihto	Seisokki ehkäisevä	13.5.2016	13.9.2017		

YHTEENVETO PAINEILMAVERKOSTON VUODOISTA 19.12.2012


Yhteenveto
Paineilmaverkoston vuodoista

Päivämäärä 19.12.2012

Yritys	ND Testaus Oy Ylitalontie 2, 21110 Naantali Y-2479365-8
Vuotomittaja	Esko Ryöppönen 040-5653 629 esko.ryopponen@ndtestaus.fi
Asiakas	Neste Oil Oyj
Osoite	Naantalin jalostamo 21100 Naantali
Yhteyshenkilö	Petri Kaerala 050-4580737

Neste Oil Oyj Naantalin jalostamossa on suoritettu instrumentti-ilmaverkoston vuotomittaus.

Tutkimusraportista selviää tarkat erittelyt jokaisesta vikapaikasta.
Putkipiirustukseen on merkitty keltaisella merkintätussilla tarkastettu putkisto ja numeroitu vuotokohdat.
Putkistoon vuotokohta on merkitty keltaisella merkintänauhalla jossa numero,
joka vastaa tutkimusraportin numeroa

Vuotomittauksen tulokset:

Vuotopaikkoja	600 kpl	
Korjattuja kohteita	160 kpl	
Karavuotoja	154 kpl	
Venttiilejä auki	25 kpl	
Muut vuodot	263 kpl	suurin osa liitosvuotoja
Helmiliitosvuotoja	45 kpl	
Hitsausvuotoja	8 kpl	
Paineenalennusventtiilivuotoja	116 kpl	
Letkuvuotoja	8 kpl	

Laitteita n.	1776 kpl
Vuotoprosentti	33,8 %
Kevään 2012 runkoputkivuodot	99 kpl
Kokonaisvuotoprosentti	39,4 %

Toimenpiteet:

Uusintavuotomittaus suoritetaan korjausten jälkeen, jotta voidaan todeta korjauksien onnistuneen

Kaikki oikeudet vuotomittauksiin on tilaajalla.
Varmuuskopiot säilyttää tilaaja.



Esko Ryöppönen

